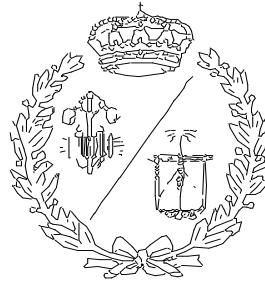


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**SUMINISTRO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO
PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO
(ELECTRICAL SUPPLY AND PUBLIC
LIGHTING OF A SPORTS COMPLEX)**

Para acceder al Título de

**GRADUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autor: Álvaro Jorge Autillo

Julio - 2023

RESUMEN:

El presente documento tendrá como objeto definir, diseñar y calcular el suministro eléctrico de un complejo deportivo en Santa Cruz de Bezana, Cantabria.

Uno de los pilares fundamentales de este proyecto es el dimensionamiento y la instalación eléctrica en Baja Tensión. Dentro de esta cabe destacar el suministro a dos edificios de pública concurrencia y un alumbrado exterior en el que destacan un campo de fútbol y otro de rugby.

Debido a la popularidad que están adquiriendo las energías renovables en la actualidad, se dispone de una instalación de paneles fotovoltaicos.

Para promover una implantación de estos, generar un ahorro para el consumidor y seguir las directrices marcadas por la Unión Europea en términos de ahorro energético, se realiza una simulación de la cantidad de energía que puede ser generada por esta instalación, tomando como referencia el último año del que se disponen registros.

Además del diseño y cálculo de la instalación, se realiza un presupuesto en el que se recogen los precios unitarios de los materiales con los que se ha proyectado.

Por otro lado, en el Estudio de Seguridad y Salud se hace un análisis de los riesgos que deben cubrirse y las medidas necesarias para garantizar que los trabajos sean realizados con la mayor seguridad posible.

Finalmente, a modo de documento contractual se realiza un Pliego de Condiciones en el que se establecen las cláusulas que son aceptadas en el contrato de obra y servicios.

PALABRAS CLAVE:

Complejo deportivo

Alumbrado

Baja tensión

Suministro eléctrico

Protecciones eléctricas

Paneles solares

Centro de Transformación

Intensidades

ABSTRACT:

The purpose of this document is to define, design, and calculate the electrical supply for a sports complex in Santa Cruz de Bezana, Cantabria.

One of the fundamental pillars of this project is the sizing and installation of the Low Voltage electrical system. Within this scope, it is worth highlighting the supply to two buildings for public use and an outdoor lighting system that includes a football field and a rugby field.

Due to the increasing popularity of renewable energy sources, a photovoltaic panel installation is available. In order to promote their implementation, provide cost savings for the consumer, and follow the guidelines set by the European Union in terms of energy efficiency, a simulation is carried out to determine the amount of energy that can be generated by this installation, using the latest available year for reference.

In addition to the design and calculation of the installation, a budget is prepared which includes the unit prices of the materials used in the project.

Furthermore, the Health and Safety Study analyzes the risks that need to be covered and the necessary measures to ensure that the work is carried out with the highest possible safety standards.

Finally, a set of Conditions is established as a contractual document, outlining the clauses accepted in the construction and services contract.

KEYWORDS:

Sports complex

Lighting

Low voltage

Electrical supply

Electrical protections

Solar panels

Transformer center

Current intensities

ÍNDICE GENERAL:

1	MEMORIA.....	9
2	CÁLCULOS	59
3	PRESUPUESTO.....	144
4	PLANOS	166
5	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD.....	193
6	PLIEGO DE CONDICIONES.....	218
7	BIBLIOGRAFÍA.....	242

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Superficie útil por estancia	14
Tabla 2: Características en función del flujo luminoso.....	18
Tabla 3: Cálculo del índice del local en función del tipo de iluminación.....	22
Tabla 4: Características de las luminarias interiores empleadas	24
Tabla 5: Normativa del alumbrado deportivo de Clase 2	25
Tabla 6: Características de las luminarias exteriores empleadas	27
Tabla 7: Altura y tipo de montaje de luminarias exteriores	27
Tabla 8: Características de las luminarias de emergencia empleadas	30
Tabla 9: Sección de los circuitos de enlace a cuadros secundarios	43
Tabla 10: Sobretensiones máximas admisibles.....	49
Tabla 11: Protecciones empleadas en el CGBT.....	52
Tabla 12: Protecciones empleadas en el cuadro secundario - Edificio 1 Emergencia	52
Tabla 13: Protecciones empleadas en el cuadro secundario – Campo de Rugby	52
Tabla 14: Protecciones empleadas en el cuadro secundario – Edificio 2	53
Tabla 15: Protecciones empleadas en el cuadro secundario - Edificio 2 Emergencia	53
Tabla 16: Protecciones empleadas en el cuadro secundario – Campo de Fútbol.....	53
Tabla 17: Conductores y protecciones de la instalación fotovoltaica	57
Tabla 18: Resultados lumínicos del Edificio 2	61
Tabla 19: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Oficina	62
Tabla 20: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Zona Socios	63
Tabla 21 Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Restaurante	64
Tabla 22: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Baño Hombres	65
Tabla 23: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Baño Mujeres	66
Tabla 24: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Cocina	67
Tabla 25: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Zonas Comunes	68
Tabla 26: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Baños	69
Tabla 27: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Duchas	70
Tabla 28: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Almacén Deportivo	71
Tabla 29: Resultados lumínicos del Edificio 1	72
Tabla 30: Resultados lumínicos del Centro de Transformación.....	72

Tabla 31: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Centro de Transformación.....	73
Tabla 32: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Campo de Fútbol	73
Tabla 33: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Campo de Rugby....	75
Tabla 34: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Entrada al Complejo.....	77
Tabla 35: Comparación de los valores obtenidos con la normativa estancia Aparcamiento	78
Tabla 36: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Zona Peatonal interna	79
Tabla 37: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en alumbrado de emergencia del restaurante.....	81
Tabla 38: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en salida de emergencia del restaurante.....	82
Tabla 39: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en alumbrado de emergencia del almacén	83
Tabla 40: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en salida de emergencia del CdT	84
Tabla 41: Previsión de cargas.....	88
Tabla 42: Características eléctricas del transformador	
Tabla 43: Características físicas del transformador.....	90
Tabla 44: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CGBT	101
Tabla 45: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Edificio 2.....	101
Tabla 46: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Edificio 2 Emergencia	103
Tabla 47: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Campo de Fútbol .	103
Tabla 48: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Edificio 1 Emergencia	105
Tabla 49: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Campo de Rugby .	105
Tabla 50: Reactancia inductiva en función de la sección del conductor	107
Tabla 51: Sección de los conductores de los circuitos del CGBT	108
Tabla 52: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Edificio 1 Emergencia.....	109
Tabla 53: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Edificio 2.....	110
Tabla 54: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Edificio 2 Emergencia.....	111
Tabla 55: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Campo de Fútbol.....	112
Tabla 56: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Campo de Rugby	113
Tabla 57: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CGBT	118
Tabla 58: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Edificio 2.....	118

Tabla 59: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Edificio 1 Emergencia ...	120
Tabla 60: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Campo de Fútbol	120
Tabla 61: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Edificio 2 Emergencia ...	122
Tabla 62: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Campo de Rugby.....	122
Tabla 63: Comprobación de los dispositivos de protección del CGBT.....	124
Tabla 64: Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Edificio 2 Emergencia	124
Tabla 65: Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Edificio 1 Emergencia	125
Tabla 66 Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Edificio 2	125
Tabla 67 Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Campo de Fútbol.....	126
Tabla 68: Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Campo de Rugby	126
Tabla 69: Energía producida por cada panel el mes de Enero	131
Tabla 70: Energía producida por cada panel el mes de Febrero	132
Tabla 71: Energía producida por cada panel el mes de Marzo.....	133
Tabla 72: Energía producida por cada panel el mes de Abril	134
Tabla 73: Energía producida por cada panel el mes de Mayo.....	135
Tabla 74: Energía producida por cada panel el mes de Junio	136
Tabla 75: Energía producida por cada panel el mes de Julio	137
Tabla 76: Energía producida por cada panel el mes de Agosto	138
Tabla 77: Energía producida por cada panel el mes de Septiembre	139
Tabla 78: Energía producida por cada panel el mes de Octubre.....	140
Tabla 79: Energía producida por cada panel el mes de Noviembre	141
Tabla 80: Energía producida por cada panel el mes de Diciembre.....	142

ÍNDICE DE FIGURAS:

Imagen 1 : Vista en planta del Edificio 1.....	13
Imagen 2: Vista en planta del Edificio 2	13
Imagen 3: Análisis de iluminancia en estancia Oficina	62
Imagen 4: Análisis de iluminancia en estancia Zona Socios	63
Imagen 5: Análisis de iluminancia en estancia Restaurante	64
Imagen 6: Análisis de iluminancia en estancia Baño Hombres.....	65
Imagen 7: Análisis de iluminancia en estancia Baño Mujeres	66
Imagen 8: Análisis de iluminancia en estancia Cocina	67
Imagen 9: Análisis de iluminancia en Zonas Comunes	68
Imagen 10: Análisis de iluminancia en Baños	69
Imagen 11: Análisis de iluminancia en Duchas	70
Imagen 12: Análisis de iluminancia en estancia Almacén Deportivo	71
Imagen 13: Análisis de iluminancia en Centro de Transformación	72
Imagen 14: Análisis de iluminancia por isóneas en Campo de Fútbol	74
Imagen 15: Análisis de iluminancia en Campo de Fútbol	74
Imagen 16: Orientación de las luminarias del Campo de Fútbol.....	75
Imagen 17: Análisis de iluminancia por escala de colores en Campo de Rugby	76
Imagen 18: Orientación de las luminarias del Campo de Rugby	76
Imagen 19: Análisis de iluminancia en estancia Entrada al Complejo	77
Imagen 20: Análisis de iluminancia en estancia Aparcamiento	78
Imagen 21: Análisis de iluminancia en Zona Peatonal interna.....	79
Imagen 22: Análisis de iluminancia antipánico en Restaurante	81
Imagen 23: Análisis de iluminancia de la salida de emergencia del Restaurante	82
Imagen 24: Análisis de iluminancia antipánico del almacén	83
Imagen 25: Análisis de iluminancia antipánico del CdT	84

1 MEMORIA

ÍNDICE:

1	MEMORIA.....	9
1.1	INTRODUCCIÓN.....	12
1.1.1	Objeto del proyecto.....	12
1.1.2	Normativa vigente.....	12
1.2	DATOS GENERALES DEL COMPLEJO	13
1.3	ILUMINACIÓN	15
1.3.1	Tipo de lámparas.....	15
1.3.2	Luminarias	17
1.3.3	Alumbrado de interiores.....	19
1.3.4	Alumbrado de exteriores.....	24
1.3.5	Alumbrado de emergencia.....	28
1.4	PREVISIÓN DE CARGAS:	31
1.4.1	Clasificación de los lugares de consumo	31
1.5	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	33
1.5.1	Puesta a tierra	33
1.5.2	Obra Civil.....	34
1.5.3	Celdas de transformación	35
1.5.4	Cuadro de Baja Tensión	37
1.5.5	Medios de protección.....	38
1.5.6	Acometida.....	38
1.6	ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	40
1.6.1	Nomenclatura	40
1.6.2	Tipos de esquemas.....	40
1.6.3	Esquema empleado.....	41
1.7	GRUPO ELECTRÓGENO	42
1.8	INSTALACIONES DE ENLACE	43
1.9	INSTALACIONES INTERIORES.....	44
1.9.1	Conductores activos	44
1.9.2	Conductores de protección	45
1.9.3	Sistemas de instalación	46
1.10	SISTEMAS DE SEGURIDAD.....	48
1.10.1	Protección contra sobreintensidades	48
1.10.2	Protección contra sobretensiones	48
1.10.3	Protección contra contactos directos	49
1.10.4	Protección contra contactos indirectos.....	50

1.10.5	Protecciones empleadas.....	51
1.11	PUESTA A TIERRA.....	54
1.11.1	Puesta a tierra de los edificios	55
1.11.2	Puesta a tierra del alumbrado exterior	55
1.12	AHORRO ENERGÉTICO.....	57
1.13	COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA.....	58

1.1 INTRODUCCIÓN

1.1.1 Objeto del proyecto

El siguiente proyecto tiene por objeto detallar el suministro eléctrico de Baja Tensión, bajo normativa vigente, para dar servicio a un complejo deportivo en la localidad de Santa Cruz de Bezana. Dicho complejo constará de:

Un campo de fútbol once, un campo de rugby, sus correspondientes vestuarios y un restaurante y aparcamiento del complejo.

La instalación eléctrica estará formada por:

- Un centro de transformación de media a baja tensión.
- Instalación de alumbrado interior, exterior y de emergencia.
- Instalación de fuerza y tomas de corriente.
- Dispositivos de protección frente a fallos en la línea.
- Puestas de tierra.
- Corrección de potencia reactiva por medio de batería de condensadores.
- Instalación de paneles solares.

1.1.2 Normativa vigente

El siguiente proyecto se realiza atendiendo a las instrucciones y obligaciones de la siguiente normativa:

- Plan General de Ordenación Urbana de Santa Cruz de Bezana.
- BOE-326: Reglamento electrotécnico para baja tensión e ITC.
- UNE-12464.1: Norma europea sobre la iluminación de interiores.
- UNE -12.193: Iluminación de instalaciones deportivas.
- Código Técnico de Edificación.
- Reglamento de Eficiencia Energética en Instalaciones de Alumbrado Exterior.

1.2 DATOS GENERALES DEL COMPLEJO

A continuación, se va a entrar en detalle en las características físicas del complejo. Como se ha comentado, se proveerá de las capacidades eléctricas necesarias a la instalación que se proyecta.

El edificio anexo a los campos de fútbol y rugby constará de cuatro vestuarios y un almacén de elementos deportivos. A continuación, se muestra un ejemplo de la distribución en planta de este edificio:



Imagen 1 : Vista en planta del Edificio 1

En el edificio anexo al aparcamiento se ubicará un restaurante con su correspondiente cocina y aseos. Además, dispondrá de una zona común para los socios y una oficina para la gestión del complejo deportivo. Su disposición en planta es la siguiente:

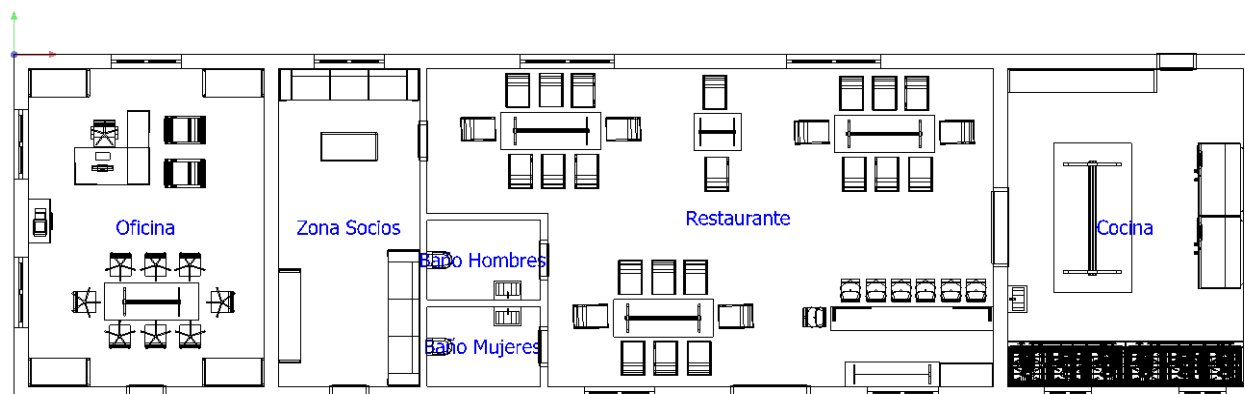


Imagen 2: Vista en planta del Edificio 2

En base a este esquema en planta, la superficie útil en metros cuadrados de las distintas estancias es:

Campo de fútbol	8.000 m^2
Campo de rugby	8.400 m^2
Aparcamiento	2596,54 m^2
Zona de tránsito	1.912,68 m^2
Entrada al complejo	130,15 m^2
Vestuario 1	32,78 m^2
Vestuario 2	32,78 m^2
Vestuario 3	32,78 m^2
Vestuario 4	32,78 m^2
Almacén deportivo	34 m^2
Oficina	34 m^2
Zona de socios	20,40 m^2
Restaurante	72,16 m^2
Cocina	34 m^2
Baño Hombres	4,08 m^2
Baño Mujeres	4,08 m^2

Tabla 1: Superficie útil por estancia

La distribución a escala del complejo deportivo se puede consultar en el anexo de planos de este mismo documento.

1.3 ILUMINACIÓN

El alumbrado es una sección fundamental en este tipo de proyectos. La iluminación de los campos ha de ser diseñada para un óptimo desarrollo de la actividad, en este caso, la práctica deportiva de fútbol y rugby. Del mismo modo, deben preservarse una serie de requerimientos para el alumbrado de las zonas de tránsito exteriores, aparcamiento y los interiores de los locales.

Estos requerimientos técnicos han de tener en cuenta el confort visual, la seguridad y las prestaciones visuales (poder realizar las actividades incluso en circunstancias difíciles o tras largos periodos de tiempo).

1.3.1 Tipo de lámparas

La elección de los elementos que proporcionarán luz a las distintas estancias debe incurrir en el menor costo y las mayores prestaciones posibles. Es por ello, por lo que se detallan los distintos tipos de lámparas que se pueden encontrar en el mercado, sus ventajas y desventajas:

- Lámparas incandescentes: Contienen un filamento de tungsteno que emite luz gracias a su incandescencia por el transcurso de corriente.

Disponen de los siguientes elementos: Filamento (Resistencia), ampolla (protección del filamento) y casquillo (conexión con alimentación).

Vida entorno a las dos mil horas, eficiencia de 10-20 lm/W en lámparas rellenas de gas inerte. Por el contrario, presenta una clara desventaja que es su eficiencia. Tan solo el 15% de la energía se aprovecha en luz, el resto se consume en forma de calor.

Es por ello por lo que llegan a alcanzar temperaturas de 2500°C en el filamento.

Actualmente, este tipo ha visto reducido su uso considerablemente, pero generalmente se usa en alumbrados interiores.

- Lámparas de bajo consumo: También conocidas como lámparas fluorescentes compactas. Incorporan un equipo de arranque y un casquillo que permite su empleo en portalámparas de bombillas incandescentes.

Cumplen la función de su nombre ya que consiguen reducir entre un 60% y un 80% la energía que se emplearía con una lámpara incandescente. A diferencia de esta, la mayor parte de la energía se transforma en luz y no en calor. Además, su vida media oscila en torno las 6.000 y 10.000 horas.

- Lámparas de neón: Empleados en alta tensión y generalmente en paneles de anuncios. Son lámparas de baja presión que disponen de dos electrodos a los que se le somete a tensión a través de un transformador.
Principalmente, la necesidad de emplear gases tóxicos ha propiciado su desuso.
- Lámparas fluorescentes: Constan de un tubo de vidrio en el que se incorpora mercurio y argón. El paso de corriente por sus dos electrodos de los extremos genera una descarga eléctrica que, en contacto con los gases, genera radiación ultravioleta.

Una de sus principales ventajas es su consumo ya que se reduce hasta un 80% con respecto a las incandescentes, pudiendo generar hasta diez veces más de luz. Además, tienen una larga vida; entre 5.000 y 7.000 horas.

Por el contrario, no son adecuadas en estancias que requieran encendidos y apagados continuos porque se reduce considerablemente su vida útil.

En la actualidad, incorporan un sistema electrónico que permite su funcionamiento a la tensión de red nominal. Trabajar a alta frecuencia supone la eliminación de luz inestable.

Las lámparas fluorescentes compactas tratan de sustituir a las incandescentes. Además, las fluorescentes lineales con sistemas electrónicos sustituyen a las convencionales, generalmente empleadas en alumbrado interior.

- Lámparas halógenas: Su sistema es similar al de las lámparas incandescente, sin embargo, su diferencia fundamental radica en que emplea yodo y bromo en lugar de vacío. Existen cuatro tipos: lineal, con matraz externo, con reflector y con cápsula. Siendo las más empleadas en iluminación interior las de matraz externo y con reflector.

Una de sus ventajas principales es que el flujo se mantiene constante durante casi todo su periodo de vida (en torno a 3.000 horas), que suele ser más del doble que una incandescente. Además, su consumo energético se reduce un 40% respecto las incandescentes y su tamaño es reducido.

Si bien, al igual que estas últimas siguen desperdiciando en forma de calor parte de la energía generada y presentan gran sensibilidad a variaciones de tensión de la red.

- Lámparas LED: Dispone de un diodo que lleva incorporado entre el ánodo y el cátodo un semiconductor, que es el que genera la luz. Dependiendo del tipo de semiconductor empleado se pueden generar distintas gamas de colores.

Su principal ventaja es la reducción del consumo de energía, llegando a ser hasta seis veces inferior que el de las incandescentes tradicionales. Además, no presenta sustancias nocivas en su interior y su vida puede llegar a las 50.000 horas.

Por el contrario, su precio es más elevado que las incandescentes y no son tan potentes como, por ejemplo, las lámparas halógenas. Además, su regulación es complicada.

Actualmente, son empleadas tanto en alumbrado de interiores como de exteriores en todo tipo de formatos; focos, tiras, barras, etc. Es por ello, que en este proyecto se van a emplear como opción más eficiente.

1.3.2 Luminarias

Las luminarias son empleadas como distribuidor, filtro o transformador de luz que incorpora toda la tecnología necesaria para la fijación, conexión y protección de la lámpara.

Para que su función sea la adecuada deben mantener unas características ópticas, mecánicas y eléctricas.

Siendo los requerimientos ópticos fundamentales en la normativa de alumbrado de interiores, por ejemplo, con el Índice de Deslumbramiento Unificado.

Principales funciones de las luminarias de acuerdo con el tipo de característica que abarca:

Características ópticas:

- Luminosidad reducida en determinadas direcciones.
- Distribución del flujo luminoso de acuerdo con la actividad realizada.
- Mejora del rendimiento luminoso.

Características mecánicas y eléctricas:

- Refrigeración y aislamiento térmico.
- Simplicidad en el montaje y limpieza de la luminaria.

- Protección contra factores que reduzcan el flujo luminoso (polvo, humedad, etc.).
- Protección frente a perturbaciones mecánicas.
- Clasificación según distribución de flujo luminoso:

Comparación en función del flujo luminoso que emite la lámpara por encima y por debajo del plano horizontal.

Se pueden distinguir seis tipos:

Clase	Emisión por encima	Emisión por debajo
Directa	0 – 10%	90 – 100%
Semi-directa	10 – 40%	60 – 90%
General difusa	40 – 60%	40 – 60%
Directa-indirecta	40 – 60%	40 – 60%
Semi-directa	60 – 90%	10 – 40%
Indirecta	90 – 100%	0 – 10%

Tabla 2: Características en función del flujo luminoso

- Clasificación según la simetría:

Otra posible clasificación es en función del número de planos de simetría. Generalmente, las más comunes son:

- Luminarias con infinitos planos de simetría como es un elemento de revolución.
- Luminarias con dos planos de simetría, transversal y longitudinal.
- Luminarias con un plano de simetría; plano longitudinal.

1.3.2.1 Elementos que componen una luminaria

El sistema óptico tiene como principales funciones: enfocar en las direcciones deseadas, generar luz difusa, evitar deslumbramientos y generar los colores deseados.

El flujo luminoso se consigue por reflexión, absorción, refracción y transmisión. Siendo necesarios los siguientes elementos:

- Refractores: Es empleado como direccionador de la luz procedente de la lámpara. Existen refractores de interior y exterior, pero ambos gestionan las intensidades luminosas y en lo posible, el deslumbramiento.

Como indica su nombre, la distribución del flujo luminoso se modifica por refracción.

- Reflectores: Al igual que el refractor, se emplea para reflejar el flujo luminoso en la dirección deseada. Fabricado con chapas de acero esmaltado o aluminio anodizado o de alta reflectancia.
Existe reflectores especulares (paraboloide y esférico-paraboloide), elípticos, dispersos y difusos.
- Difusores: Generalmente fabricados en plástico. Se emplean como carcasa o pantalla que alberga la lámpara, difunde el haz de luz y evita deslumbramientos.
- Dispositivos de pantalla: También conocidos como apantallamientos. Su valor técnico es el de direccionador de luz y el estético es ocultar la lámpara al usuario. Son muy comunes las rejillas focalizadoras y no focalizadoras.
- Filtro: Acoplado al difusor para regular la radiación ultravioleta o infrarroja. Pueden ocasionar calentamientos no deseados.

Además de estos componentes, también es habitual en luminarias de alumbrado exterior:

- Armadura: Sirve de carcasa del resto de componentes de la luminaria por lo que han de ser resistentes. Suelen estar fabricados con chapa de acero, chapa de aluminio o vidrio.
- Equipo eléctrico: Componentes eléctricos y electrónicos necesarios para el arranque y funcionamiento de la lámpara.

1.3.3 Alumbrado de interiores

Para esta sección se debe atender a la norma UNE-12464.1: “Norma europea sobre la iluminación de interiores”. Donde, dentro del ámbito al que esté destinada la actividad, se establecen como parámetros restrictivos:

- Iluminancia media mantenida: Al diseñar un sistema de iluminación se puede superar la iluminación media mantenida ya que con el paso del tiempo las lámparas sufren pérdida de flujo.

El cálculo de este parámetro es el siguiente:

$$E_m = \frac{n \cdot l \cdot f_u \cdot f_m}{S}$$

Siendo:

n: Número de lámparas instaladas

l: Flujo lumínico de cada lámpara (Unidad: Lúmenes)

f_u: Factor de utilización.

f_m: Factor de mantenimiento.

S: Superficie a iluminar

- Índice de Deslumbramiento Unificado UGR: Parámetro por el cual se fija el nivel de deslumbramiento molesto que genera una luminaria. Su valor ronda entre 15 y 28 y llega a tener en cuenta el color de las paredes y la posición de las luminarias respecto a estas, entre otros.
- Índice de rendimiento de colores (Ra): Representa la capacidad que muestra una lámpara para generar colores en comparación con el Sol. Se considera un buen índice Ra cuando es superior al 60%.

Para cumplir con la normativa europea se deben cumplir con requisitos lumínicos fijados por el tipo de actividad que se va a realizar en cada estancia. Una buena iluminación debe cumplir con exigencias básicas como las siguientes:

- Nivel de iluminación, es decir, flujo luminoso que incide en la superficie.
- Limitación del deslumbramiento.
- Limitación de contrastes y sombras.
- Adecuado color de luz.
- Distribución de las luminarias.

En este caso, el alumbrado interior debe cumplir con la normativa de iluminación de oficinas, salas de estar, restaurantes, cocinas, sanitarios y almacenes.

En el proceso de cálculo se pueden emplear dos métodos:

- Método del punto por punto: También denominado método de iluminancias puntuales. Se emplea para el cálculo de la iluminancia en puntos concretos, pero no puede ser utilizado con tubos fluorescentes.

En base a la proyección que genera el rayo luminoso respecto a la vertical que pasa por la luminaria, se establece la intensidad de flujo luminoso con la curva fotométrica de la lámpara que aporta el fabricante.

Una vez que se dispone del flujo luminoso en la luminaria, se comprueba el nivel de iluminación en un punto de una superficie horizontal o vertical.

En caso de que se tratase de una comprobación sobre el plano horizontal, se emplearía la siguiente expresión:

$$E_H = \frac{I \cdot \cos^3 \beta}{H^2}$$

I: Intensidad de flujo luminoso de la lámpara.

β : Ángulo que abarca el rayo luminoso.

H: Distancia vertical entre la luminaria y el punto a iluminar.

- Método de los lúmenes: Su error de cálculo se encuentra entorno al 5% y es un método ideal para estimar la iluminación necesaria en una superficie.

A continuación, se muestra el proceso de cálculo necesario con este método:

1.- Cálculo del flujo luminoso total necesario: Cuya expresión es la siguiente:

$$\Phi_T = \frac{E_m \cdot S}{f_u \cdot f_m}$$

Siendo:

E_m : Iluminancia media mantenida. Establecida en normativa en función de la actividad a realizar.

S: Superficie que se desea iluminar.

f_u : Factor de utilización.

f_m : Factor de mantenimiento. Dependerá del grado de suciedad ambiental y la frecuencia de limpieza. Por ejemplo, el de los vestuarios será de 0,85.

Previamente a ello, es necesario el cálculo del índice del local y los factores de reflexión para poder conocer el factor de utilización.

El índice del local (k) se determina en función del sistema de iluminación que se tenga:

Tipo de iluminación	Expresión que aplicar
Iluminación directa, semidirecta, directa-indirecta y general difusa	$k = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$
Iluminación indirecta y semi-indirecta	$k = \frac{3 \cdot a \cdot b}{2 \cdot (h + 0,85) \cdot (a + b)}$

Tabla 3: Cálculo del índice del local en función del tipo de iluminación

Siendo h la distancia entre el plano de las luminarias y el plano de trabajo, a el ancho y b el largo.

El factor de reflexión viene parametrizado en función del color de las paredes. Que junto con el índice del local se obtiene el factor de utilización por medio de tablas.

Finalmente, para el cálculo del flujo luminoso total se deberá tener en cuenta el tipo de lámpara y luminaria a emplear. Además de la altura a la que está colocada, que deberá ser lo más alta posible (en este caso empotrado en techo), por no tratarse de un local de altura elevada.

2.- Cálculo del número de luminarias: Que siempre se redondea por exceso

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L}$$

n: Número de lámparas por luminaria.

Φ_T : Flujo luminoso total.

Φ_L : Flujo luminoso de la lámpara.

3.- Determinación del emplazamiento: Distancia equidistante entre luminarias para que la iluminación del recinto sea uniforme. En plantas rectangulares se reparten uniformemente respecto a los planos de simetría.

Para calcular el número de filas y de columnas a emplear se utilizan las siguientes expresiones:

$$N_{ancho} = \sqrt{\frac{N_{Total}}{largo}} \cdot ancho \quad N_{largo} = N_{ancho} \cdot \frac{largo}{ancho}$$

Además, es importante resaltar que las luminarias más próximas a las paredes deberán estar más próximas que la distancia entre luminarias, generalmente la mitad o menos.

4.- Comprobación de los resultados: Una forma de comprobar la validez de los resultados es por medio de la iluminancia media obtenida (E_m). Si se logra garantizar que la iluminancia media real de la instalación es mayor que la teórica, entonces los resultados obtenidos serán válidos.

1.3.3.1 Luminarias empleadas:

A continuación, se muestra una recopilación de las lámparas empleadas por cada estancia interior del complejo deportivo:

Almacén Deportivo				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
4	RC342B LED28S/940 MLO W62L62	28.0 W	2800 lm	100.0 lm/W
Vestuarios				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
8	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	7.6 W	798 lm	105.0 lm/W
4	LSPO_552_LED_86W_IP54_NEUTRAL_L1556mm	86.0 W	10165 lm	118.2 lm/W
20	V1-R0-00556-10A00-6502030 DL-Pro 20 W 20W 3000K EM 1h	20.0 W	1800 lm	90.0 lm/W
Oficina				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
6	RC132V W60L60 PSD 1 xLED43S/840 OC EL	37.0 W	4300 lm	116.2 lm/W

Zona Socios				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
6	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	7.6 W	798 lm	105.0 lm/W
Restaurante				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
18	Sense Basic 300x600 Hvid 3000K	20.0 W	2180 lm	109 lm/W
Cocina				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
6	RC402B LED42S/830 OC PSU W62L62	40.0 W	4198 lm	105.0 lm/W
Baño Hombres				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
3	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	7.6 W	798 lm	105.0 lm/W
Baño Mujeres				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
3	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	7.6 W	798 lm	105.0 lm/W
Centro de Transformación				
6	PARABOLA 100 ROUND 80° FINITURA BIANCA 3000K	17 W	1543 lm	90,8 lm/W

Tabla 4: Características de las luminarias interiores empleadas

En el caso de la iluminación de los espacios interiores se ha optado por un montaje empotrado en techo, por lo que las luminarias se encontrarán a 3 metros de altura.

1.3.4 Alumbrado de exteriores

La Unión Europea establece en UNE -12.193: "Iluminación de instalaciones deportivas", los requerimientos de alumbrado que deben cumplirse en una instalación deportiva en función del deporte realizado y del nivel de competición.

Atiende a cuestiones de uniformidad de alumbrado, deslumbramientos y rendimiento de colores.

La norma diferencia tres tipos de alumbrado: Clase 1, Clase 2 y Clase 3. Yendo de mayor a menor nivel de competición en ese orden.

Los parámetros que varían en función de la clase son: Uniformidad, rendimiento cromático, iluminación horizontal y valoración de brillo.

Teniendo en cuenta las instalaciones deportivas del complejo están ubicadas en el exterior y que los deportes a realizar son fútbol y rugby. Se aplicará la misma normativa por encontrarse en el mismo grupo. Además, dado que la competición es de nivel medio (partidos de competición regional y local), se establece un alumbrado de Clase 2.

Por tanto, la iluminación del campo de fútbol y el de rugby deberán cumplir con los siguientes parámetros:

Iluminancia Media Horizontal	Uniformidad min/med	Rendimiento Cromático	Valoración de brillo
200 luxes	0,6	>60	<50

Tabla 5: Normativa del alumbrado deportivo de Clase 2

Por otro lado, la ITC-EA-02- “Instrucción Técnica Complementaria EA-02”, establece que los requisitos fotométricos de un aparcamiento al aire libre deben cumplir los de la clase de alumbrado C1A y P2. Este tipo de instalaciones corresponden a los adjudicados al tipo de vía A.

Este tipo de vía agrupa los aparcamientos en autopistas y autovías, estaciones de autobuses y aparcamiento en general. Con una intensidad de tráfico media y compuesto por ciclistas, peatones y vehículos motorizados.

Además, los criterios de iluminación de las clases de alumbrado P tienen como referencia la iluminancia horizontal sobre el área a iluminar. Es decir, la iluminancia media y mínima que será de 10 y 2 lux, respectivamente.

1.3.4.1 Eficiencia energética

En base a la ITC EA-01, se procede a explicar el método de cálculo que certifica el cumplimiento de eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior. Esta guía

técnica diferencia distintos tipos de alumbrado vial, en este caso, para el aparcamiento se atenderá a la sección de alumbrado vial funcional.

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior sigue la expresión:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} \left(\frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)$$

Siendo:

S: Superficie iluminada

P: Potencia activa instalada en la instalación

Em: Iluminancia media mantenida

Cabe destacar que la normativa establece que se debe considerar el 50% de la potencia total instalada de las luminarias. Además, se cita la posibilidad de mejorar el rendimiento energético por medio de la modificación del factor de utilización y mantenimiento. Por consiguiente, esto afectará al valor de la iluminancia media mantenida (Em) tal y como se comentó en previos apartados.

El factor que califica la instalación es el índice de eficiencia energética que se define como el cociente de la eficiencia energética de la instalación entre la de referencia.

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

1.3.4.2 Luminarias empleadas

Zona de Tránsito				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
7	AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70	50 W	6565 lm	131,3 lm/W
6	Mini SKUNA2 Downlight	20 W	1787 lm	89.4 lm/W
3	V1-S1-H0703-40L24-6535050 Uragan Parking 350W 5000K	350	48723 lm	139.2 lm/W

Entrada Complejo				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
2	AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70	50 W	6565 lm	131,3 lm/W
Aparcamiento				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
4	V1-S1-H0703-40L24-6535050 Uragan Parking 350W 5000K	350	48723 lm	139,2 lm/W
Campo de fútbol				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
36	OLP1000W BF 30	1002,6	149889 lm	149,5 lm/W
Campo de rugby				
Unidades	Modelo empleado	Potencia	Flujo Luminaria	Rendimiento lumínico
40	OLP1000W BF 30	1002,6	149889 lm	149,5 lm/W

Tabla 6: Características de las luminarias exteriores empleadas

Todas las luminarias empleadas en los campos deportivos disponen de un rendimiento del 100% según datos de los fabricantes. El flujo hemisférico superior es 5,5% y su factor de mantenimiento, al igual que el resto de las luminarias, se considera del 0,8.

A continuación, se detalla el tipo de montaje empleado por cada luminaria:

Luminaria	Tipo de montaje	Altura
AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70	Montaje de fijación lateral	4 m
Mini SKUNA2 Downlight	Adosado a la pared	3 m
V1-S1-H0703-40L24-6535050 Uragan Parking 350W 5000K	Montaje de fijación lateral	12 m
OLP1000W BF 30	Montaje de fijación lateral	22 m

Tabla 7: Altura y tipo de montaje de luminarias exteriores

1.3.5 Alumbrado de emergencia

En primer lugar, el alumbrado de emergencia en el interior de los locales tiene como misión preservar la iluminación en el local y su acceso a las salidas, en caso de fallo en el alumbrado general. Tiene una alimentación automática y de un periodo de tiempo corto.

Para el cálculo del alumbrado de emergencia el reglamento establece una previsión mínima de 1 persona por cada 0,8 metros cuadrados de superficie, exceptuando los servicios, que su ocupación será de una persona.

En base a la ITC-BT-28, en este proyecto será necesario disponer de alumbrado de emergencia en: aseos, salidas al exterior y a menos de 2 metros (horizontalmente) de equipos manuales de extinción.

1.3.5.1 Alumbrado de seguridad

Funcionamiento previsto para el fallo de suministro o una bajada de tensión a menos del 70% de la nominal.

Existen tres tipos de alumbrado de seguridad:

- Alumbrado de evacuación: Alumbrado de seguridad que garantiza el empleo de las rutas de evacuación de los locales ocupados. Debe mantener la iluminación necesaria como mínimo durante una hora.
- Alumbrado ambiente: Iluminación, como indica su nombre, que evita el riesgo de pánico de los ocupantes del local y les permita identificar las vías de escape.
Al igual que el alumbrado de evacuación debe de poder funcionar durante una hora desde que se produce el fallo eléctrico.
- Alumbrado de zonas de alto riesgo: Destinado a la seguridad de los operarios de trabajos peligrosos. En este caso, en ninguno de los locales interiores es necesario emplear este sistema de seguridad.

Tomando como referencia el “Código Técnico de Edificación”, en este proyecto deberán disponer de alumbrado de emergencia: los aseos generales, lugares con los cuadros de distribución, las señales de seguridad y lugares con sistema contra incendios.

De acuerdo con El Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión también se deben colocar luces de emergencia en oficinas y almacenes de todo tipo.

Se colocarán mínimo a 2 metros del suelo en las puertas de salida y en las posiciones donde se encuentren los equipos de protección.

Por reglamento no sería necesario la incorporación de alumbrado de evacuación en ninguno de los dos edificios. Si bien, se ha considerado oportuno incorporarlo ante la posibilidad de realizar algún evento que reúna a más de 100 personas en el interior del restaurante.

Por tanto, todos los cálculos de la instalación del alumbrado de evacuación deberán cumplir con lo establecido en la ITC-BT-28. Donde se establece, para locales de pública concurrencia, una iluminancia mínima horizontal de 1 lux a nivel de suelo y una relación de iluminancia máxima y mínima menor de 40. Además, deberá poder funcionar durante un periodo de tiempo superior a una hora.

En la zona del restaurante también se incorporará un alumbrado antipánico que deberá proporcionar como mínimo 1 lux de iluminación a nivel del suelo. El tiempo de funcionamiento mínimo y la relación de iluminancia máxima y mínima es igual que para el alumbrado de evacuación.

1.3.5.2 Alumbrado de reemplazamiento

Al estar reconocido como un local de pública concurrencia, la ITC-BT-28 expone la necesidad de disponer de una fuente de alimentación independiente por si fallara la principal. Por tanto, se debe diferenciar entre alumbrado esencial y no esencial.

Se descarta el alumbrado de los terrenos de juego por consumir gran potencia y no considerarse esenciales. Por el contrario, todo alumbrado interior será reconocido como esencial.

En caso de que el grupo electrógeno también fallara, únicamente se iluminarán las luces de emergencia gracias a una batería que llevan incorporada en la luminaria.

1.3.5.3 Luminarias empleadas:

Luminarias de emergencia				
Unidades	Modelo	Potencia	Flujo luminoso	Rendimiento lumínico
8	VTRS 12.0530.60/DALI 60°	12 W	941 lm	78,4 lm/W
17	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	1,5 W	109 lm	72,7 lm/W

2	COBRA-G 1X2 TA 1 CR 5821111AWYU ES-SYSTEM	2	210 lm	105 lm/W
---	---	---	--------	----------

Tabla 8: Características de las luminarias de emergencia empleadas

1.4 PREVISIÓN DE CARGAS:

Una vez que se han identificado las luminarias que se van a emplear, es necesario realizar un análisis de toda la potencia que va a consumir el complejo deportivo simultáneamente. Se empleará como paso previo al cálculo de las secciones de los conductores y deberá atender al Reglamento de Baja Tensión.

1.4.1 Clasificación de los lugares de consumo

La ITC-BT-10 hace una clasificación de los lugares de consumo en función de la actividad que se realiza en el edificio, teniendo en cuenta su correspondiente grado de utilización.

En este proyecto, se dispone de un edificio destinado a un comercio, como es un restaurante con su comedor, aseos y cocina. Además, de una oficina que tendrá la misma clasificación en el reglamento, pero en él también se encuentra una zona de descanso o reunión para socios. Como la clasificación abarca únicamente el tipo de edificio y no individualiza por estancia dentro de este, se clasificará al “Edificio 2” como un edificio comercial o de oficinas.

Para las áreas de alumbrado exterior se contabilizará únicamente la potencia instalada por área.

Por otro lado, el reglamento establece la necesidad de prever un mínimo de 100W por metro cuadrado, con un mínimo por local de 3450W a 230V y factor de simultaneidad 1 en caso de no conocer el consumo del local.

Teniendo en cuenta la superficie útil calculada previamente se expone la previsión de carga mínima del interior del Edificio 2:

Superficie útil total:

$$S = 34 + 34 + 20,4 + 72,16 + 34 + 4,08 + 4,08 = 202,72 \text{ m}^2$$

Carga mínima:

$$P = 202,72 \text{ m}^2 \cdot 100 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 20.272 \text{ W}$$

En este caso, no es necesario tomar como referencia esta previsión de cargas para el Edificio 2 ya que se conoce el consumo de potencia de los elementos que se encuentran en él.

Además, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión no contempla más que cuatro tipos de edificios en función de su finalidad. El Edificio 1 se considerará como edificio industrial por ser el más restrictivo posible y así dar pie a posibles modificaciones del local.

En el anexo Cálculos se encuentra un desglose de las cargas por estancia y la potencia total que prever.

1.5 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

Debido a la gran potencia que se va a emplear en la instalación del complejo deportivo, será necesario un centro de transformación propio que lo dote de energía.

Un transformador es definido como una máquina eléctrica estática que se encarga de transformar la energía eléctrica recibida en otra energía eléctrica modificando sus características. Generalmente, es empleado como reductor de tensión y así poder ser manipulada. Además, disponen de rendimientos que pueden llegar a ser del 98%.

Para este proyecto, el transformador a emplear tendrá una potencia máxima de 400 kVA con serie de aislamiento PA/PE.

El centro de transformación estará ubicado en una de las zonas perimetrales del complejo y recibirá una tensión de 12kV de la red eléctrica, por tanto, la tensión más elevada que deberán soportar los materiales es de 24 kV. Además, por estar en España la frecuencia será de 50 Hz.

1.5.1 Puesta a tierra

En los Centros de Transformación existen dos tipos de puesta a tierra: Puesta a tierra de protección y de servicio.

La puesta a tierra de protección está compuesta por la línea de tierra que se encuentra por el exterior del Centro de Transformación y los electrodos de puesta a tierra. Estos últimos son los encargados de conectar a tierra los elementos conductores que generalmente no se ven sometidos a tensión.

Los electrodos que emplear pueden ser de colocación horizontal o vertical, pero en este caso se optará por una disposición en vertical con picas de tipo PL-14-2000. Este tipo de colocación es ventajosa para terrenos en los que su resistividad decrece mucho con la profundidad. Para la cota que marca la profundidad se toma como referencia la parte superior de la pica, que no podrá ser inferior a 0,5 metros.

Los conductores empleados deben disponer de buenas propiedades mecánicas y resistencia a la corrosión. Además, la conexión entre conductor y pica debe evitar calentamientos térmicos pues empeoraría la corriente de defecto. Para ello, se emplean grapas de conexión para pica.

Del mismo modo, el neutro del transformador se conecta a una puesta a tierra de servicio a una distancia mínima de 33,5 metros respecto la última pica de la puesta a tierra de protección.

1.5.2 Obra Civil

En este caso, la instalación del centro de transformación será subterránea.

Tendrá acceso directo con llave, por medio de dos puertas que conectará con unas escaleras. Tanto los muros y vigas que componen el centro dispondrán de resistencia al fuego y ruido como establece el CTE-DB-SI. La estanqueidad es una característica fundamental para evitar posibles accidentes, al igual que la impermeabilidad.

Se ha empleado un centro de transformación subterráneo prefabricado con las siguientes dimensiones:

- Largo: 7,6 m
- Ancho: 2,5 m
- Alto: 2,8 m

En su interior se ubicarán un transformador de 400 kVA, un Cuadro General de Baja Tensión y las celdas de Media Tensión.

El transformador se ubicará en el lado derecho del Centro de Transformación y estará anclado para evitar movimientos o caídas causadas por posibles vibraciones.

Como se comenta en los cálculos de diseño de puesta a tierra, se dispondrán 8 picas de 14 mm de diámetro que se unirán por medio de una envolvente metálica de cobre desnudo de 50 mm² de sección, generando un rectángulo y evitando radios pequeños en las esquinas de dicho rectángulo.

Todo elemento metálico que se encuentre en el interior del Centro de Transformación quedará conectado al sistema de tierra de protección.

Por razones de seguridad, las picas se ubicarán sobre un mallado metálico electrosoldado que reforzarán el hormigón de 20 centímetros de espesor. De esta forma, la tensión de paso en el acceso al Centro de Transformación se verá reducida considerablemente, tal y como se muestra posteriormente en los cálculos.

La tierra de servicio se ubicará a una distancia mínima de 33,5 metros respecto de la tierra de protección. Será de tipo subterráneo y empleará un cable desnudo de 35 mm² de sección

para unir a picas de 2 metros de longitud, enterradas a 0,5 metros. El neutro del transformador deberá ser conectado a esta tierra de servicio.

Además, el Centro de Transformación debe disponer de una iluminación mínima de 150 luxes por lo que se dispondrán dos luminarias precisas para mantener este requisito. También se empleará un alumbrado de emergencia que se mantendrá en funcionamiento independiente durante dos horas. A menos de dos metros del punto de luz de este alumbrado de emergencia se situará un extintor, de tal modo que la seguridad contra incendios se cumpla.

1.5.3 Celdas de transformación

Un centro de transformación está constituido por un grupo de celdas modulares ensambladas mecánicamente entre sí. A continuación, se muestran los distintos tipos de celdas que se pueden encontrar en un centro de transformación:

- Celda de línea:

Punto de conexión del centro de transformación con la línea de suministro. Puede ser de entrada o de salida; el primero conecta los cables de media tensión al transformador y el segundo permite la distribución de la línea a otros centros de transformación. Además, actúa como separador del embarrado (línea de unión entre celdas montados sobre aisladores) superior con el resto de la celda.

Las dos celdas de línea empleadas están constituidas por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra.

Características de la celda empleada:

- Tensión asignada: 12 kV
- Intensidad asignada: 400 A
- Intensidad de corta duración (1 s), eficaz: 16 kA
- Intensidad de corta duración (1 s), cresta: 40 kA
- Nivel de aislamiento

- Frecuencia industrial (1 min) a tierra y entre fases: 28 kV
- Impulso tipo rayo a tierra y entre fases (cresta): 75 kV
- Capacidad de cierre (cresta): 40 kA
- Capacidad de corte
- Corriente principalmente activa : 400 A
- Clasificación IAC: AFL

- Celda de protección:

Actúa como protección para sobreintensidades y sobretensiones, es decir, en ella se ubican los elementos de seccionamiento y protección general del transformador. Dentro de este tipo de celdas podemos encontrar:

- Celda de interruptor automático: Interruptor automático y seccionador de puesta a tierra.
- Celda de protección de fusibles: Fusibles e interruptor-seccionador.

En este caso se emplea la celda de interruptor automático. Está constituida por un módulo metálico con aislamiento en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un seccionador rotativo de tres posiciones, y en serie con él, un interruptor automático de corte en vacío, enclavado con el seccionador. La puesta a tierra de los cables de acometida se realiza a través del interruptor automático. La conexión de cables es inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y puede llevar un sistema de alarma sonora de puesta a tierra, que suena cuando habiendo tensión en la línea se introduce la palanca en el eje del seccionador de puesta a tierra.

- Celda de transformación:

Ubicación del transformador de potencia, por tanto, deberá estar protegido frente a golpes o posibles caídas de aceite de otros dispositivos. La ventilación debe estar garantizada al igual que la recogida de aceite ante un posible accidente por desbordamiento de este.

- Cuadro de Baja Tensión:

Punto de partida de los conductores de Baja Tensión. Conecta la salida del transformador con la distribución de la Baja Tensión, pasando por la caja de acometida del cuadro.

Dispone de los siguientes elementos:

- Interruptor automático de 630 A.
- 8 salidas
- Interruptor diferencial bipolar de 25 A, 30 mA.
- Base portafusible de 32 A y cartucho portafusible de 20 A.
- Base enchufe bipolar con toma de tierra de 16 A/ 250 V.
- Bornas (alimentación a alumbrado) y pequeño material.

Tal y como indica su nombre se emplea para la medición de tensión e intensidad en media tensión. Para ello, emplea transformadores conectados a los contadores de activa y reactiva. Es un módulo metálico, construido en chapa galvanizada, que permite la incorporación en su interior de los transformadores de tensión e intensidad que se utilizan para dar los valores correspondientes a los aparatos de medida, control y contadores de medida de energía.

Características eléctricas:

- Tensión asignada: 12 kV
- Clasificación IAC: AFL

Aislamiento de las celdas de línea con las del centro de transformación. Sirve como medio de separación entre empresa y cliente. Está constituida por un módulo metálico con aislamiento y corte en gas, que incorpora en su interior un embarrado superior de cobre, y una derivación con un interruptor-seccionador rotativo, con capacidad de corte y aislamiento, y posición de puesta a tierra de los cables de acometida inferior-frontal mediante bornas enchufables. Presenta también captadores capacitivos para la detección de tensión en los cables de acometida y alarma sonora de prevención de puesta a tierra.

1.5.4 Cuadro de Baja Tensión

Recibe el circuito de Baja Tensión que sale del secundario del transformador y lo distribuye hacia los cuadros secundarios de la instalación eléctrica.

Consta de salidas principales a otros cuadros secundarios, una toma de corriente monofásica para mantenimiento, sus elementos de protección y de alumbrado. Entre estos últimos, un

interruptor general automático magnetotérmico, un diferencial e interruptores automáticos. Se conectará a la entrada del cuadro el circuito que conecta con el transformador y la conexión con el grupo electrógeno.

Características eléctricas:

- Tensión asignada: 440 V

Nivel de aislamiento:

- Frecuencia industrial (1 min)

a tierra y entre fases: 10 kV

entre fases: 2,5 kV

- Impulso tipo rayo:

a tierra y entre fases: 20 kV

1.5.5 Medios de protección

Como se ha comentado anteriormente, el lado Media Tensión queda, en parte, protegido de cortocircuitos por los interruptores automáticos de las celdas que se deben incorporar. Estos permiten el funcionamiento a intensidad nominal y no producen disparos en vacío, es decir, cuando se arranca el transformador y la intensidad es muy superior a la nominal.

Sin embargo, el lado de Baja Tensión debe ser protegido en su cuadro correspondiente. Por ello, se emplean dispositivos de protección en la cabecera del Cuadro General de Baja Tensión. A la salida de este se incorporarán los interruptores magnetotérmicos y diferenciales pertinentes para proteger la conexión a los cuadros secundarios.

1.5.6 Acometida

Conexión aérea o subterránea que conecta en las instalaciones eléctricas la red de distribución de la empresa con las cajas generales de protección del Centro de Transformación, por ser de Media Tensión. Es decir, se trata de una derivación de flujo eléctrico desde el sistema de distribución hacia cada punto de consumo.

Además, son propiedad de la compañía distribuidora por lo que se debe cumplir con sus requerimientos técnicos. En este caso, se atiende a las especificaciones que marca la compañía distribuidora VIESGO. Por tanto, la conexión entre la línea de Alta Tensión y el transformador se realizará por medio de cable unipolar seco de 150 mm² de sección y tipo RHZ1-OL, de 12/20 kV de tensión asignada. Además, se colocarán conectores enchufables en los extremos para facilitar la conexión con las celdas y el transformador.

En base a lo establecido en la ITC-BT-11, existen tres tipos de acometidas: aéreas, subterráneas y mixtas. Su trazo debe ser lo más corto posible y su sección dependerá de los siguientes parámetros:

- Máxima carga prevista.
- Tensión de suministro.
- Intensidad máxima admisible
- Caída de tensión admisible.

La interconexión entre el transformador y el Cuadro General de Baja Tensión también viene determinada por la compañía distribuidora. En este caso, al tratarse de un transformador de 400 kVA se deben emplear dos conductores por fase de 240 mm² de sección mientras que el neutro únicamente precisará de un cable de 240 mm², ambos de aluminio.

Finalmente, la conexión entre la red de distribución de la empresa y las celdas del centro de transformación se realizará de forma subterránea mientras que la interconexión entre el transformador y las barras del Cuadro de Baja Tensión será aérea.

1.6 ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓN

Previamente a la exposición de las medidas de protección empleadas frente a choques eléctricos y sobrentensiones, es necesario seleccionar el tipo de distribución que se va a emplear en los circuitos de Baja Tensión.

Para ello, se procede a la explicación de estas atendiendo a la ITC-BT-08 del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

El esquema de distribución se selecciona en función de las conexiones a tierra de la red de alimentación y de las masas de la instalación receptora.

1.6.1 Nomenclatura

La nomenclatura empleada para referirse a cada tipo de esquema se rige en función de las siguientes letras:

Primera letra: Situación de la alimentación respecto a tierra.

T= Conexión directa de la alimentación a tierra.

I= Conexión de un punto de alimentación por medio de una impedancia o aislamiento de todas las partes activas de la alimentación.

Segunda letra: Masas receptoras con respecto a tierra.

T= Masas conectadas a tierra.

N= Masas conectadas al punto de alimentación de puesta a tierra.

Letras opcionales: Conductor del neutro y de protección. No es obligatorio el uso de estas letras si no se requiere.

S= Funciones de neutro y protección, dependientes de dos conductores distintos.

C= Funciones de neutro y protección dependiente de un mismo conductor.

1.6.2 Tipos de esquemas

- Esquema TN: Disponen de un conductor conectado directamente a tierra, generalmente el neutro. Las masas se conectan a tierra por medio de conductores de protección. Cualquier intensidad de defecto fase-fase es una intensidad de cortocircuito.

Existen tres tipos:

TN-S: El neutro y el cable de protección son distintos.

TN-C: EL neutro y el cable de protección son el mismo.

TN-C-S. EL neutro y el cable de protección son el mismo en una parte del esquema.

- Esquema TT: El neutro generalmente se encuentra conectado a tierra y las masas están conectadas a una toma de tierra. Las intensidades de fase-masa o fase-tierra pueden provocar sobretensiones peligrosas.

- Esquema IT: No conecta a tierra ningún punto de la alimentación. Las masas se conectan directamente a tierra. La intensidad de defecto fase-masa o fase-tierra es reducido por lo que no se generan sobretensiones peligrosas.
Puede llegar a ser necesario reducir el tamaño de la instalación para evitar efectos capacitivos de los cables respecto a tierra.

1.6.3 Esquema empleado

En una instalación de Baja Tensión a partir de un centro de transformación de cliente es posible elegir el tipo de esquema.

Atendiendo a las características técnicas y económicas de la instalación, se considera óptimo un esquema de distribución tipo TT. Pues, como se ha comentado anteriormente, el esquema IT puede generar efectos capacitivos.

Por tanto, el neutro de la instalación se encontrará conectado a tierra y las masas lo harán por medio de una toma de tierra.

1.7 GRUPO ELECTRÓGENO

En caso de falta de tensión en el suministro de energía de la red a la que está conectado el transformador, se empleará un grupo electrógeno que alimente el alumbrado de reemplazamiento, tal como se comentaba en el apartado “Alumbrado de emergencia”.

El grupo electrógeno se activará cuando la tensión distribuida en la red baje al 70% de la nominal.

Para cumplir con lo establecido en el reglamento, la potencia mínima que debe suministrar este grupo electrógeno es:

$$S = 400 \cdot 0.25 = 100 \text{ kVA}$$

En base a esto, se selecciona un grupo electrógeno diésel de 107 kVA (89,5 kW) que se situará al aire libre para que su rendimiento sea lo más elevado posible. Además, el neutro se conectará a tierra por medio de una pica de 2 metros de longitud.

Este grupo electrógeno dispone de encendido manual y automático.

Es comandado por medio de un cuadro de protección que será situado en el centro de transformación.

Dimensiones: 2810 x 1782 x 1150 mm

Cilindrada: 4,5 L

Capacidad tanque del combustible: 240 L Diesel

Tensión: 400/230 V

Frecuencia: 50 Hz

Factor de potencia: 0,8

Autonomía: 11 horas

Consumo / hora en función de % carga:

50%- 11 L/h

70%-14,47 L/h

100%-22 L/h

Para la conmutación de la red eléctrica al grupo electrógeno se empleará un conmutador automático que dispondrá de un enclavamiento mecánico y otro eléctrico. Este dispositivo actuará en un margen de 0,3 segundos a 30 segundos.

Por el contrario, cuando se vuelva a disponer de una tensión superior al 70% de la nominal de la red, durante un periodo de entre 10-180 segundos, se realizará de nuevo la conmutación.

La potencia máxima conectada al grupo electrógeno es de 89,192 kW por lo que estará diseñado para funcionar al 100% de su capacidad en caso de emplearse todos los aparatos conectados al mismo. Funcionando, por tanto, casi 11 horas sin renovar el combustible.

1.8 INSTALACIONES DE ENLACE

Esta instalación se encarga de la conexión del secundario del transformador trifásico a los cuadros secundarios, previamente pasando por el Cuadro General de Baja Tensión (CGBT) de la instalación. Ubicación de las protecciones de las líneas generales de alimentación. Compuesto por interruptores diferenciales y automáticos lo que le permite actuar como protector y distribuidor.

Desde este se deriva a cuadros secundarios para dar servicio a la totalidad del complejo.

Estas líneas de alimentación a los cuadros secundarios serán subterráneas y entradas en zanjas de 0,7 m de profundidad. En este proyecto se dispone de cinco cuadros secundarios, conectados por medio de cable XLPE 0,6/1 kV. A continuación, se especifican los circuitos que unen el CGBT con los cuadros secundarios y el conductor empleado para ello:

Circuito	Descripción	Sección (mm ²)
C1	Edificio 1 Emergencia	95
C2	Edificio 2 Emergencia	25
C3	Edificio 2	35
C4	Campo de Rugby	70
C5	Campo de Fútbol	70

Tabla 9: Sección de los circuitos de enlace a cuadros secundarios

Como se aprecia, se distingue los cuadros que son de emergencia pues estos serán los encargados de proteger a las masas en caso de funcionamiento del grupo electrógeno.

Con esta disposición, por ejemplo, la división entre Edificio 2 y Edificio 2 Emergencia, permite una reducción considerable de la corriente que circula por el conductor en comparación a disponer de un solo cuadro secundario. Además, el hecho de emplear electrodomésticos industriales supone el manejo de corrientes elevadas por lo que las protecciones de los cuadros secundarios también lo serán. De este modo, se logra el uso de diferenciales y magnetotérmicos de calibres y poderes de corte estándares, con lo que se reduce el coste de la instalación y se evita el uso de relés térmicos asociados a toroides.

La distribución de las líneas de enlace desde el centro de transformación a los respectivos cuadros secundarios se encuentra en el Anexo Planos: “Alimentación a cuadros secundarios”.

1.9 INSTALACIONES INTERIORES

Las líneas interiores se refieren a todo conductor que une el cuadro de protección y medida con las masas.

Por tanto, el esquema partirá de un cuadro donde se incorporarán las protecciones frente a sobrecargas y cortocircuitos y se distribuirá en corriente alterna 400/230 V a los aparatos receptores.

Como se ha comentado previamente, la salida del transformador se conecta a un cuadro general de baja tensión en el que se divide la línea para alimentar a los cuadros secundarios. En estos últimos se colocarán las protecciones de Baja Tensión frente a contactos directos e indirectos y se conectarán las líneas de alimentación de las masas.

Esta subdivisión del circuito desde la salida del transformador hasta la masa hace que, en caso de avería solo se vea afectada una parte de la instalación.

1.9.1 Conductores activos

Destinados a la transmisión de la energía eléctrica. Para corriente alterna se identifican como conductores activos las fases y el neutro. En el siguiente apartado se comentan los factores que se deben tener en cuenta para el cálculo de la sección de dichos conductores.

A la hora de la elección de los conductores es necesario asegurar su resistencia mecánica y su capacidad para mantener la temperatura. Principalmente, se estudiará el calentamiento y la caída de tensión de los conductores.

- Calentamiento de los conductores:

A mayor intensidad que circule por los conductores mayor será su calentamiento. Esto provocará pérdidas en forma de calor. Los factores que influyen en el calentamiento de un conductor son la corriente, la longitud, resistencia y la sección del cable.

Considerando la pérdida en forma de calor que sucede por efecto Joule, la variación de temperatura máxima admisible en un cable conductor es:

$$\Delta T = \left(\frac{I_{adm}}{I_N} \right)^2 \cdot \Delta T_N$$

Siendo:

I_{adm} : Intensidad máxima admisible en el conductor.

I_N : Intensidad nominal del conductor.

ΔT_N : Variación de temperatura en condiciones de trabajo nominal.

Se considera que para un tiempo de desconexión de cinco segundos el calor no es capaz de disiparse del núcleo del cable, es decir, se considera un calentamiento adiabático.

Tal y como se muestra en la expresión anterior, el parámetro que se debe regular es la corriente. Esto se debe a que la disipación del calor depende de forma cuadrática de su valor. El cálculo de la corriente máxima admisible será comentado en el anexo de Cálculos, “Intensidades máximas admisibles”.

- Caída de tensión:

En la ITC-BT-19 se establece la necesidad de cumplir con una caída de tensión máxima del 3% en el alumbrado y del 5% en el resto de las masas conectadas a la instalación. Se toma como referencia la tensión nominal.

Con el esquema de cuadros secundarios previamente comentado se consigue una reducción considerable de las caídas de tensión en los circuitos y con ello una reducción de la sección del conductor. Para la conexión del cuadro secundario a los focos de los dos terrenos de juego se emplea una red trifásica, esto reducirá considerablemente la caída de tensión acumulada y con ello, una reducción de la sección de cable.

1.9.1.1 Cables empleados

Todos los cables son unipolares con recubrimiento XLPE, es decir, de polietileno reticulado. Los conductores de los edificios estarán en tubos empotrados en pared, serán de cobre y 0,6/1kV de tensión nominal, mientras que los conductores de alumbrado exterior serán subterráneos y de 0,6/1 kV de tensión nominal. Estos últimos estarán señalizados por una cinta que advierta de su existencia a 0,1m y 0,25 m por encima de su tubo protector. Los empalmes de cable a las luminarias se realizarán a una altura de 0,3 m sobre el nivel del suelo o sobre una arqueta. Todos los conductores serán de cobre salvo los de acometida en el centro de transformación, que serán de aluminio.

El cálculo de su sección en base al criterio térmico y caída de tensión se encuentra en el anexo “Cálculos: Dimensionamiento de los conductores”.

1.9.2 Conductores de protección

Un conductor de protección es aquel que une el conductor de tierra con las masas de la instalación. Existen varios tipos de conductores de protección:

- Conductores aislados que forman los cables multipolares.
- Conductores unipolares de cobre con el mismo aislamiento que los conductores activos.
- Armazones metálicos de barra blindada o bandejas portacables.

Los conductores de protección son explicados en el apartado de puesta a tierra.

1.9.3 Sistemas de instalación

- Canalizaciones:

Las canalizaciones son los elementos que se emplean en la instalación para proteger a los conductores de deterioros mecánicos y otros agentes externos. Pueden ser metálicas (acero, hierro o aluminio) o no metálicas (formado por termoplásticos).

Las canalizaciones de PVC suelen ser más resistentes, ligeras, flexibles y no corrosivos. Es la mejor alternativa para lugares húmedos, por tanto, será el tipo de canalización que se emplee en este proyecto de instalación.

Las canalizaciones metálicas como la IMC y la EMT son galvanizados para evitar la corrosión y tienen una gran resistencia metálica por lo que son óptimos para la industria.

En la ITC-BT-20 se recogen los requisitos que disponen las canalizaciones y que serán atendidas para el diseño del sistema de instalación eléctrico del complejo deportivo.

Se recomienda la separación en distintas canalizaciones, de circuitos de potencia y de muy baja tensión de seguridad.

Las canalizaciones eléctricas deberán estar separados a una distancia mínima de 3 cm de las que no son eléctricas y siempre por encima de aquellas que puedan generar condensación.

Desde el punto de vista de la accesibilidad, se sitúan en lugares en los que se facilite la maniobra e inspección.

- Tubos protectores:

Al igual que las canalizaciones son los encargados de proteger a los conductores de daños mecánicos o de otro agente externo. Su uso permite una instalación eléctrica más ordenada y protegida. También pueden ser metálicos, no metálicos o mixtos.

La ITC-BT-21 diferencia el tipo de instalación de los tubos para el cálculo de la sección que deben disponer. Entre ellos: tubos en canalizaciones fijas en superficie, en canalizaciones empotradas, al aire, enterradas.

Las canalizaciones bajo tubos de protección deberán seguir las líneas verticales y horizontales de las paredes del local.

En las instalaciones empotradas el tubo deberá quedar rodeado, al menos, por 1 centímetro de espesor pudiendo reducirse a 0,5 cm en caso de giro.

Los recorridos horizontales se realizan a un máximo de 50 cm de suelos o techos y los verticales a 20 cm de las esquinas.

En el caso de los circuitos subterráneos, para los terrenos de juego y zonas comunes se emplea únicamente un tubo protector por circuito y tendrán acceso por medio de arquetas. La distribución de estos tubos protectores a lo largo del complejo se puede apreciar en los planos de estos circuitos, pues tendrán el mismo esquema que los conductores. En los esquemas unifilares también se muestra el diámetro de tubo empleado en cada circuito y su medio de instalación.

1.10 SISTEMAS DE SEGURIDAD

1.10.1 Protección contra sobreintensidades

La ITC-BT-22 establece la necesidad de proteger a los circuitos eléctricos ante cualquier sobreintensidad que se produzca en la instalación. Pueden producirse por sobrecargas ocasionadas por los aparatos utilizados o fallo en su aislamiento, cortocircuitos o por descargas atmosféricas.

En primer lugar, para prevenir las sobrecargas y los cortocircuitos se emplean interruptores automáticos con curva térmica de corte de omnipolar.

Un circuito sufre una sobrecarga cuando su intensidad alcanza valores más elevados que la corriente nominal. Siempre que no se alcancen temperaturas elevadas no llega a ser perjudicial a la instalación. De hecho, en ciertas ocasiones los dispositivos de protección deben permitir las sobrecargas durante un tiempo determinado. Por tanto, deberán actuar cuando la sobrecarga alcance únicamente valores elevados.

Dispondrá de dos láminas bimetálicas con diferentes coeficientes de dilatación. Cuando se genere un calentamiento fruto de la sobrecarga, el metal se doblará y desconectará el circuito.

Para que se produzca el corte, los interruptores tienen mayor poder de corte que la corriente de cortocircuito máxima, pues de lo contrario se dañaría la instalación.

Además, el tiempo de corte es menor que el que precisan los conductores para alcanzar su temperatura máxima. Es por ello por lo que se toma como condición necesaria que la corriente de cortocircuito mínima del circuito sea mayor que la que asegura el disparo magnético del interruptor automático.

Esta comprobación se encuentra en los Cálculos en el apartado: “Selección de dispositivos de corte”.

1.10.2 Protección contra sobretensiones

En la ITC-BT-23 se recogen los medios de protección frente a sobretensiones ocasionadas por descargas atmosféricas, conmutaciones y defectos de las redes.

Se distinguen cuatro tipos de categorías que diferencian los valores de tensión que deben soportar los elementos de protección frente a una onda de choque.

Para reducir considerablemente la sobretensión se emplea una protección en cascada hasta hacer residual el valor de la tensión.

El Reglamento establece que, en una instalación subterránea, como es el caso, es suficiente con la resistencia a las sobretensiones que tiene tabuladas. No siendo necesarios las protecciones contra sobretensiones transitorias.

En este caso, se atenderá únicamente a estos datos:

Tensión nominal de la instalación		Tensión soportada a impulsos 1,2/50 kV			
Sistema trifásico	Sistema monofásico	Categoría IV	Categoría III	Categoría II	Categoría I
230/400 V	230 V	6 V	4 V	2,5 V	1,5 V

Tabla 10: Sobretensiones máximas admisibles

Todos los aparatos de protección contra sobretensiones que se emplean en el proyecto soportan una tensión mayor que la tabulada por su categoría.

Estos elementos de protección se colocan en la cabecera del CGBT y de los cuadros secundarios de los dos edificios. Para simplificar el cableado y reducir costes se agruparán circuitos por lo que el calibre del medio de protección atenderá a la suma de las corrientes de los circuitos agrupados.

1.10.3 Protección contra contactos directos

Consiste en la protección de las personas a contactos con partes activas de los materiales eléctricos. Se entiende como parte activa a los conductores y piezas conductoras sometidas a tensión nominal.

Tal y como marca la ITC-BT-24, todas las partes activas quedan aisladas impidiendo el paso de corriente al exterior de más de 1 mA. Como medidas pasivas también incluye la colocación de barreras o la protección por alejamiento.

En el centro de transformación se coloca una barrera metálica que no permite el contacto de la persona con el transformador de potencia. Se emplea este tipo de protección debido a que únicamente se permitirá el acceso a personal cualificado.

Para el resto de la instalación se opta por el aislamiento de las partes activas.

1.10.4 Protección contra contactos indirectos

Medida de protección frente a defectos de aislamiento entre las partes activas y los receptores. La normativa establece la necesidad de incorporar sistemas de protección contra contactos indirectos en instalaciones con tensiones superiores a 50 V. Por tanto, en la instalación del complejo deportivo se incorporan dichas protecciones.

Se diferencian dos tipos de clases:

1.10.4.1 Clase A

Eliminación del riesgo impidiendo el contacto entre masas y elementos conductores. A continuación, se explica las posibles alternativas que alberga esta clase:

- Separación de circuitos: Separación del circuito de utilización respecto el de la fuente de energía. Se descarta por no ser un método que no detecta el primer fallo de aislamiento.
- Pequeñas tensiones de seguridad: Suministrado por transformadores y baterías aisladas a tierra. Los valores empleados son de 24 V para locales húmedos y 50 V para locales secos.
- Separación de las partes activas y masas con aislamiento de protección: Aplicado en electrodomésticos pequeños, interruptores, pulsadores, etc. Aislamiento suplementario al que disponen las partes activas.
- Conexiones equipotenciales de las masas: Conexión de todas las masas de la instalación con los conductores accesibles.

1.10.4.2 Clase B

Puesta directa de las masas a tierra o neutro con incorporación de dispositivo de corte automático en caso de defecto.

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por tensión de defecto: Esta puesta a tierra evita que las carcasas de la maquinaria alcancen tensiones superiores a la asignada.

Como la instalación del complejo sigue una distribución TT, el neutro está conectado directamente a tierra. Por tanto, la corriente de defecto debe actuar el dispositivo de corte en menos de 5 segundos y todas las masas de la instalación estarán conectadas a la misma toma de tierra.

- Puesta a neutro de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto: Conexión de las masas metálicas al neutro para accionar el interruptor de corte automático.

El corte que realiza el interruptor debe realizarse en menos de 5 segundos, las masas se conectarán al neutro inmediatamente antes de la caja de protección.

Dicho conductor neutro estará alojado en la misma canalización que los conductores de fase y conectado a tierra.

- Puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto: Conexión de las masas metálicas a tierra por medio de electrodos enterrados en el suelo. Los dispositivos de corte empleados son los diferenciales con poder de actuación menor a 5 segundos.

Para la protección contra contactos indirectos se considera oportuno el uso de la puesta a tierra de las masas y dispositivos de corte por intensidad de defecto. Por tanto, se emplearán interruptores diferenciales como medio de protección de la instalación.

Para esquemas de distribución TT la ITC-BT-24 exige el cumplimiento de la siguiente condición:

$$R_A \cdot I_a \leq U$$

Siendo:

R_A : Suma de las resistencias de la toma de tierra y conductores de protección de las masas.

I_a : Corriente que asegura el funcionamiento del dispositivo de protección.

U : Tensión de contacto límite (24 V locales húmedos y 50 V para secos)

1.10.5 Protecciones empleadas

A continuación, se recopilan los magnetotérmicos empleados para cada circuito, tanto si son de entrada o de salida del cuadro. Se asigna un diferencial a un máximo de 5 magnetotérmicos tal y como marca el reglamento.

CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN				
ENTRADAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Transformador	630	55	4P	B
Interruptor diferencial 4P 630A 300mA clase-A				
Grupo Electrógeno	160	25	4P	C
Interruptor diferencial 4P 250A 300mA clase-AC				
SALIDAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Edificio 1 Emergencia	80	10	4P	C
Interruptor diferencial 4P 80A 300mA clase-AC				
Edificio 2 Emergencia	63	6	4P	C
Alumbrado CdT	3	15	2P	C
Interruptor diferencial 4P 80A 300mA clase-AC				
Edificio 2	80	10	4P	C
Interruptor diferencial 4P 100A 300mA clase AC				
Campo de Rugby	63	10	4P	C
Interruptor diferencial 4P 63A 300mA clase-A-SI				
Campo de Fútbol	63	6	4P	C
Interruptor diferencial 4P 63A 300mA clase-A-SI				
Batería de Condensadores	80	10	4P	C
Interruptor diferencial 4P 80A 300mA clase-AC				

Tabla 11: Protecciones empleadas en el CGBT

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 1 EMERGENCIA				
ENTRADAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Cabecera	80	10	4P	C
SALIDAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Mando - Edificio 1 Emergencia	6	6	2P	C
Fuerza - Edificio 1	25	6	2P	C
Mando - Alumbrado Emergencia Fachada	3	15	2P	C
Caldera	50	6	4P	C
Interruptor diferencial 4P 80A 30mA clase-SI				

Tabla 12: Protecciones empleadas en el cuadro secundario - Edificio 1 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO CAMPO DE RUGBY				
ENTRADAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Cabecera	63	6	4P	C
SALIDAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Mando 1 - Campo de Rugby	32	6	4P	C
Mando 2 - Campo de Rugby	32	6	4P	C
Interruptor diferencial 4P 63A 30mA clase-A-SI				

Tabla 13: Protecciones empleadas en el cuadro secundario – Campo de Rugby

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2				
ENTRADAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Cabecera	80	10	4P	C
SALIDAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Freidora	25	6	4P	C
Lavavajillas	25	6	2P	C
Caldera	10	6	2P	C
Fuerza 2 - Cocina	16	6	2P	C
Interruptor diferencial 4P 63A 30mA clase-A-SI				
Tomas de corriente 1	25	6	2P	C
Tomas de corriente 2	20	6	2P	C
Tomas de corriente 3	20	6	2P	C
Interruptor diferencial 4P 63A 30mA clase-A-SI				

Tabla 14: Protecciones empleadas en el cuadro secundario – Edificio 2

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2 EMERGENCIA				
ENTRADAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Cabecera	63	6	4P	C
SALIDAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Mando 1 - Edificio 2	3	15	2P	C
Mando 2 - Edificio 2	3	15	2P	C
Fuerza 1 - Barra	3	15	2P	C
Fuerza 2 - Barra	16	6	2P	C
Fuerza 1 - Cocina	6	6	2P	C
Interruptor diferencial 4P 40A 30mA clase-A-SI				
Fogones 1	32	6	4P	C
Fogones 2	32	6	4P	C
Emergencia - Edificio 2	3	15	2P	C
Interruptor diferencial 4P 63A 30mA clase-A-SI				
Mando - Zona de tránsito	6	6	2P	C
Mando - Entrada Complejo	6	6	4P	C
Interruptor diferencial 4P 25A 30mA clase-A-SI				

Tabla 15: Protecciones empleadas en el cuadro secundario - Edificio 2 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE FÚTBOL				
ENTRADAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Cabecera	63	6	4P	C
SALIDAS	Calibre (A)	PdC (kA)	Polos	Curva
Mando 1 - Campo de Fútbol	32	6	4P	C
Mando 2 - Campo de Fútbol	32	6	4P	C
Mando - Pasillo entre campos	10	6	2P	C
Interruptor diferencial 4P 63A 30mA clase-A-SI				

Tabla 16: Protecciones empleadas en el cuadro secundario – Campo de Fútbol

1.11 PUESTA A TIERRA

El objetivo fundamental de las puestas a tierra es la limitación de la tensión que puedan generar las masas metálicas, asegurar la operación de las protecciones y disminuir el riesgo frente a una avería de los materiales empleados.

Se considera como una unión eléctrica entre una parte del circuito y tierra, mediante electrodos clavados en el suelo. Busca asegurar la nula aparición de diferencias de potencial en los suelos, permitiendo la descarga de corrientes de defecto o de descarga de origen atmosférico.

Según la ITC-BT-28 se deberá conectar a tierra todas las masas metálicas de la instalación y de los aparatos receptores que lo precisen, las instalaciones de calefacción general, agua, gas y antena de televisión.

- Tomas de tierra:

Conductor de electricidad con baja resistividad que permite el paso de corriente eléctrica de cualquier posible fuga. Evita el paso de corriente eléctrica a los usuarios por fallo de la instalación.

A su vez, las partes de las tomas de tierra son las siguientes:

- Electrodo: Extremo de un conductor eléctrico que recibe una corriente de un medio. Son masas metálicas que están en continuo contacto con el suelo. La ITC-BT-18 permite el uso de barras, tubos, pletinas, conductores desnudos, placas, anillos o mallas metálicas y armaduras de hormigón.

La resistencia de un electrodo dependerá de su dimensionamiento, su forma y la resistividad del terreno. Deberá ser tal que no permita tensiones de contacto superiores a 24 V en el local y 50 V en el resto de los casos. En casos eventuales donde se puedan superar es necesario instalar dispositivos de corte.

- Línea de enlace con tierra: Medio de conexión entre las puestas a tierra y los electrodos.
- Puntos de puesta a tierra: Situado fuera del terreno. Unión entre la línea de enlace con tierra y la línea principal de tierra.

- Línea principal de tierra:

Su función es unir eléctricamente las derivaciones con las puestas a tierra de todas las masas. Están formadas por cable de cobre.

Para el cálculo de su sección se tomará el valor máximo de la corriente de defecto y su sección no podrá ser inferior a 16 mm².

Por el contrario, las derivaciones de la línea principal de tierra si podrán tener menor sección, ya que son las encargadas de unir la línea principal de tierra con el cuadro general.

- Conductores de protección:

Tienen como fin asegurar la protección contra contactos indirectos. Cables de cobre que unen las masas con las derivaciones de la línea principal de tierra. Tampoco puede disponer de una sección inferior a 16 mm² en el caso de circuitos subterráneos y deben ser resistentes a esfuerzos mecánicos, químicos, electroquímicos y electrodinámicos.

- Terreno:

En el apartado de cálculos del Centro de Transformación se especifican las características del terreno y la resistividad que presenta.

La tierra es el elemento que permite descargar la corriente ante una sobreintensidad o sobretensión.

1.11.1 Puesta a tierra de los edificios

Para la puesta a tierra de cada edificio se emplea una envolvente de 35 mm² de cobre desnudo, a lo largo del perímetro del edificio, conectada a los electrodos de tierra y a los cuadros secundarios. Las derivaciones se conectan al cuadro por medio de conductores de protección que circulan por el mismo tubo protector que los conductores de alimentación de los circuitos. De esta forma se permite la conexión entre masa y electrodo.

Aquellos cuadros secundarios destinados a alumbrado exterior no seguirán este esquema.

1.11.2 Puesta a tierra del alumbrado exterior

En la Guía Técnica de Aplicación de Instalaciones de Alumbrado Exterior se establecen los requisitos que deben cumplir estas instalaciones y algunas recomendaciones.

La puesta a tierra de las luminarias exteriores se realiza por medio de cable unipolar aislado de 16 mm² de sección de tensión asignada 0,6/1 kV y color verde-amarillo. Este cable une a

todas las luminarias que son alimentadas desde un mismo cuadro secundario y se coloca en los tubos para los conductores de fase y neutro, es decir, a 0,7 metros de profundidad

Se emplean electrodos como máximo cada 5 luminarias, pero para el campo de fútbol y de rugby se considera oportuno emplear un electrodo por pica debido a la potencia instalada por poste. Además, todas las conexiones de los circuitos de tierra se unen por medio de terminales.

1.12 AHORRO ENERGÉTICO

La implantación de placas solares en los techos de los edificios puede suponer un ahorro energético que tenga a su vez efectos económicos positivos.

En este proyecto se colocan 35 paneles solares en el techo del Edificio 2. Estos paneles disponen de una potencia de 500 W y el inversor empleado es de 60 kW.

Los paneles solares se disponen y conectan tal y como se puede apreciar en el plano: “Instalación de paneles solares en Edificio 2”. Se opta por esta conexión debido a que el inversor dispone de 4 entradas para la conexión de paneles.

Dicho inversor se situará en el exterior ya que dispone de protección IP válida para su funcionamiento en ambientes húmedos.

Todos los cálculos han sido obtenidos con un software que se rige por el reglamento y una vez simulado ha dado como válida la disposición de los paneles, el inversor, los fusibles y cables empleados.

En base a todo esto, se hace un breve resumen de las secciones empleadas en cada tramo de la instalación y las características de los fusibles empleados:

Tramo	Tipo instalación	Sección Cobre (mm ²)	Longitud (m)	Fusible (A)
Red - Inversor	Conductores aislados en un conducto en pared	6	3,34	32
Inversor - Caja Registro (Rojo)	Conductores aislados en un conducto en pared	2,5	2,5	16
Circuito Rojo	Conductores aislados en tubo al aire libre	2,5	33,76	-
Inversor - Caja Registro (Negro)	Conductores aislados en un conducto en pared	2,5	2,5	16
Circuito Negro	Conductores aislados en tubo al aire libre	2,5	24,16	-
Inversor - Caja Registro (Magenta)	Conductores aislados en un conducto en pared	2,5	2,5	16
Circuito Magenta	Conductores aislados en tubo al aire libre	2,5	24,16	-
Inversor - Caja Registro (Verde)	Conductores aislados en un conducto en pared	2,5	2,5	16
Circuito Verde	Conductores aislados en tubo al aire libre	2,5	25,21	-

Tabla 17: Conductores y protecciones de la instalación fotovoltaica

1.13 COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA

Todas las masas conectadas a la instalación eléctrica presentan dos tipos de cargas: resistiva y reactiva. Estas últimas absorben una corriente que se encuentra desfasada 90° en retraso respecto a la tensión aplicada, lo cual ocasiona que la energía absorbida no pueda ser transformada en trabajo útil. Al no poderse consumir, se almacena en forma de campo eléctrico o magnético y se devuelve a la red.

Disponer de un bajo factor de potencia provoca la necesidad de emplear secciones de cable superiores y posibles penalizaciones de la compañía suministradora.

En este caso, se opta por una mejora del factor de potencia por medio de una batería de condensadores de 50 kVAr.

Es recomendable su localización en una zona ventilada y cercana al interruptor general de la instalación por lo que se sitúa en el centro de transformación.

Las características técnicas de la batería de condensadores empleada son:

Dimensiones: 700mm x 600mm x300mm

Tensión de la red: 400 V AC 50 Hz

Potencia reactiva: 50 kVAr

Localización de conexión: Superior

Tensión nominal de aislamiento: 690 V

Resistencia a picos de tensión: 6 kV

Capacidad de corte: 35 kA

Grado de protección: IP54

2 CÁLCULOS

ÍNDICE:

2	CÁLCULOS	59
2.1	ILUMINACIÓN	61
2.1.1	Alumbrado interior	61
2.1.2	Alumbrado exterior.....	73
2.1.3	Alumbrado de las zonas comunes exteriores.....	77
2.1.4	Eficiencia energética de la instalación	80
2.1.5	Alumbrado de emergencia	81
2.2	PREVISIÓN DE CARGAS	85
2.3	CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	89
2.3.1	Potencia del transformador	89
2.3.2	Intensidad de Alta Tensión.....	90
2.3.3	Intensidad de Baja Tensión.....	90
2.3.4	Intensidad de cortocircuito en Media Tensión	91
2.3.5	Intensidad de cortocircuito en Baja Tensión.....	91
2.3.6	Comprobación por densidad de corriente	91
2.3.7	Instalación de puesta a tierra	92
2.4	INTENSIDADES DE LÍNEA	100
2.4.1	Método de cálculo.....	100
2.4.2	Intensidades máximas	101
2.5	DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES.....	106
2.5.1	Método de cálculo.....	106
2.5.2	Secciones empleadas.....	108
2.6	DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN	114
2.6.1	Impedancia aguas arriba	114
2.6.2	Impedancia del transformador	114
2.6.3	Impedancia de los conductores	115
2.6.4	Intensidad de cortocircuito	116
2.7	SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE CORTE	123
2.8	COMPENSACIÓN DE LA POTENCIA REACTIVA.....	127
2.8.1	Potencia de la batería de condensadores	127
2.8.2	Sección del cable de unión	127
2.9	INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES	129
2.9.1	Energía producida	130
2.9.2	Inversor.....	142

2.1 ILUMINACIÓN

2.1.1 Alumbrado interior

En la siguiente tabla se reflejan los valores de iluminancia obtenidos en comparación con los que marca el reglamento. Cabe destacar que el software empleado genera los cálculos con los parámetros marcados por cada estancia y su tipo de iluminación, recogidos en EN 12464-1:2021.

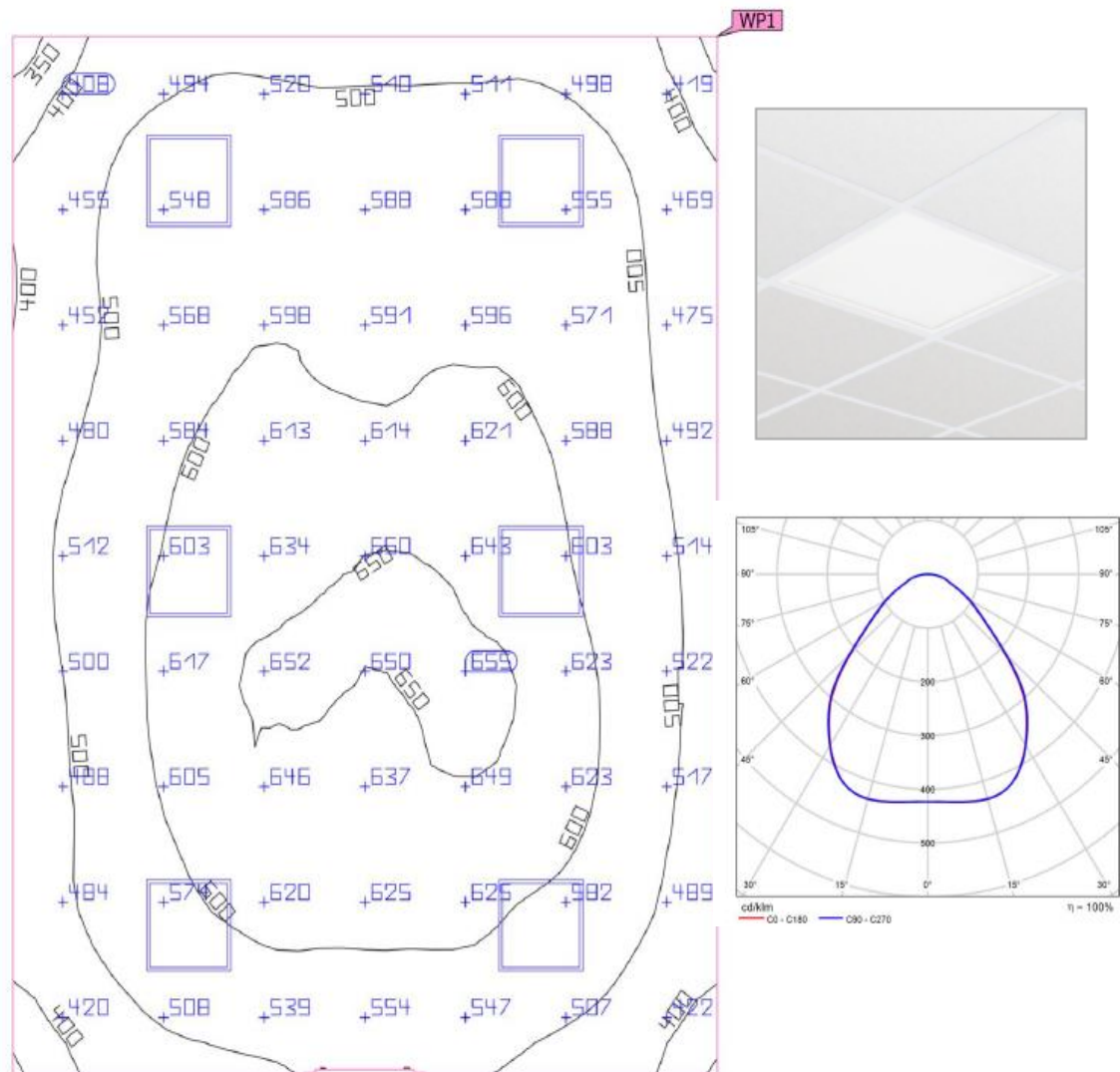
2.1.1.1 Edificio 2:

	Obtenida				Reglamento	
	Emedia (lx)	Emin (lx)	Emax (lx)	Emin/Emedia	Emedia (lx)	Emin/Emax
Almacén Deportivo	257	105	365	0,41	≥100	≥0,4
Duchas 1	397	189	687	0,48	≥200	≥0,4
Baño 1	212	155	252	0,73	≥200	≥0,4
Zona Común 1	386	187	505	0,48	≥200	≥0,4
Duchas 2	396	192	689	0,48	≥200	≥0,4
Baño 2	214	155	253	0,72	≥200	≥0,4
Zona Común 2	385	183	497	0,48	≥200	≥0,4
Duchas 3	396	190	689	0,48	≥200	≥0,4
Baño 3	212	159	251	0,75	≥200	≥0,4
Zona Común 3	386	189	495	0,49	≥200	≥0,4
Duchas 4	397	201	688	0,51	≥200	≥0,4
Baño 4	213	157	252	0,74	≥200	≥0,4
Zona Común 4	386	188	502	0,49	≥200	≥0,4

Tabla 18: Resultados lumínicos del Edificio 2

A continuación, se desglosan los parámetros de iluminancia media, uniformidad, deslumbramiento, consumo y potencia específica de conexión por estancia:

- Oficina:



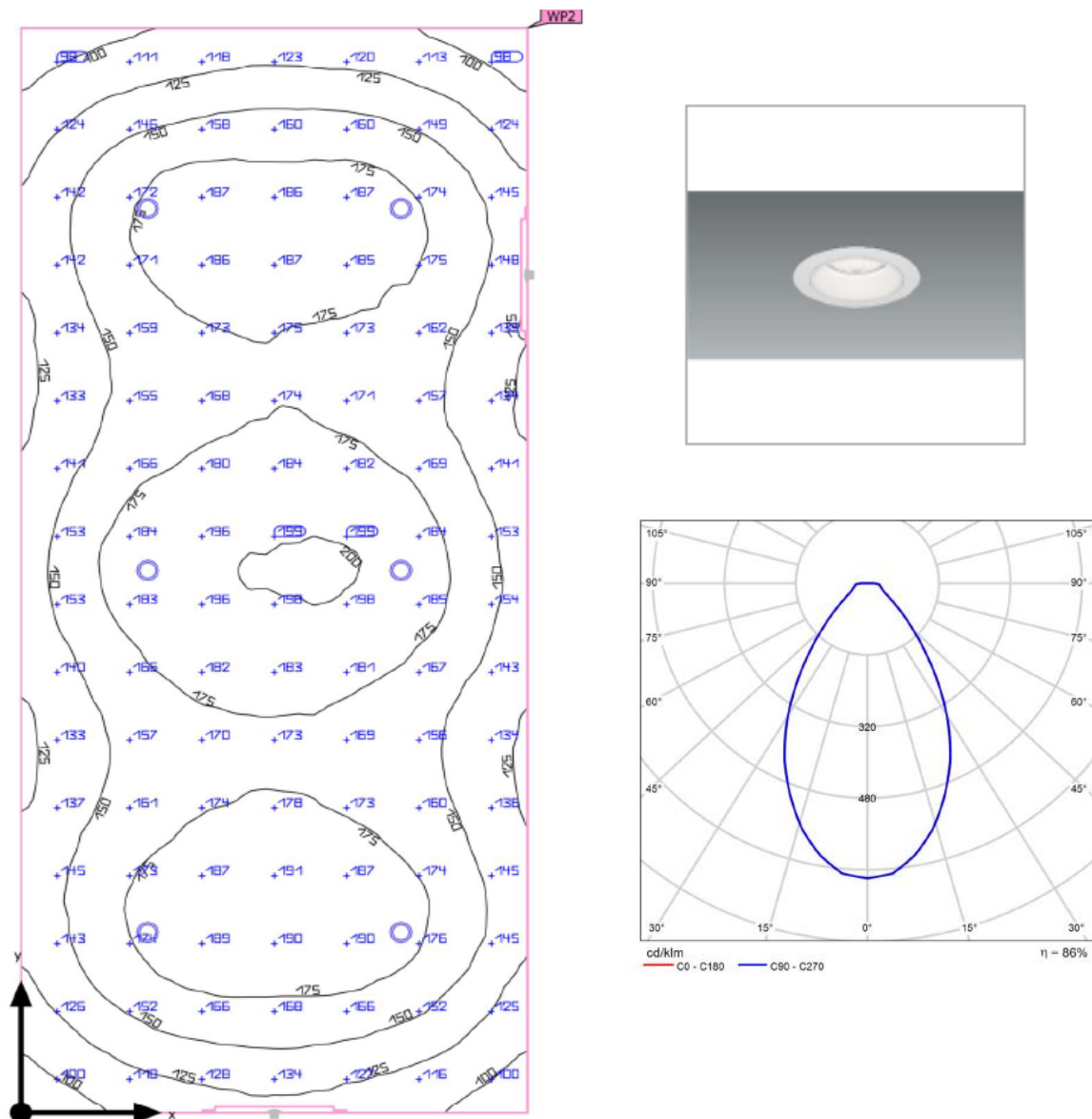
Base	34.00 m ²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 64.5 %	Altura de montaje	3.011 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura plano útil	0.800 m
		Zona marginal plano útil	0.000 m

Imagen 3: Análisis de iluminancia en estancia Oficina

Oficina					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥500	≥0,6	≤19	≤1200	-
Obtenida	554	0,6	17	[346,21 - 549,45]	6,53

Tabla 19: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Oficina

- Zona de socios:



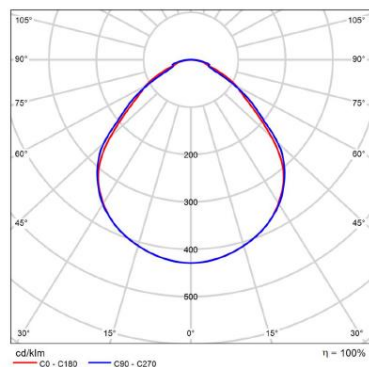
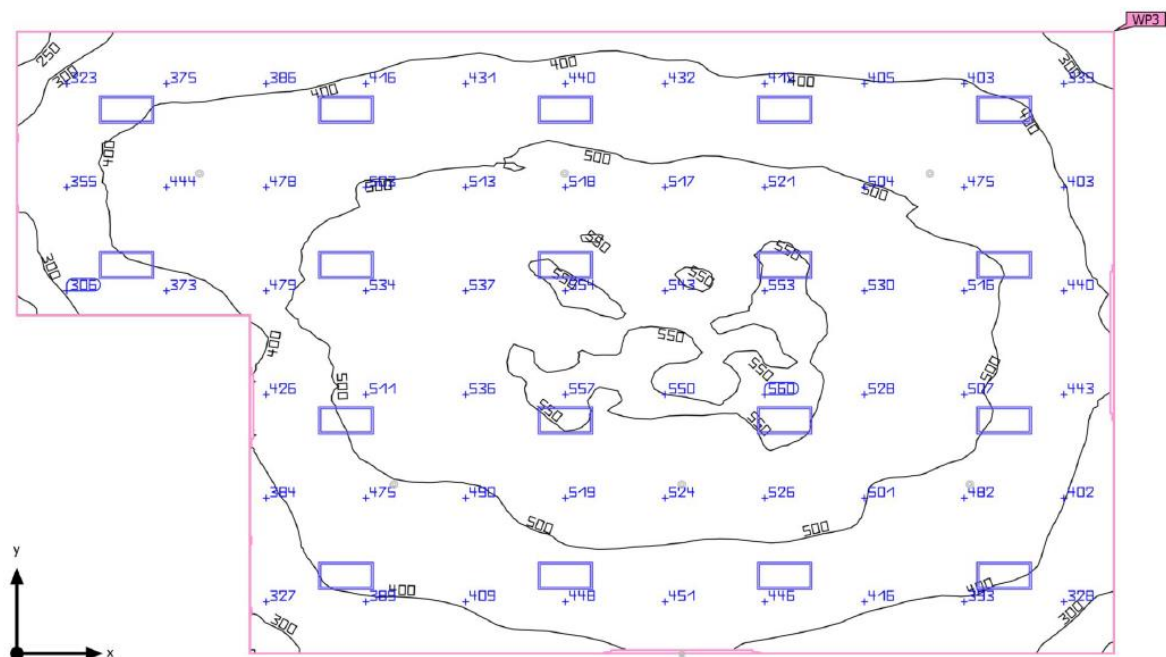
Base	20.40 m ²		
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 64.5 %	Altura interior del local	3.000 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura Plano útil	0.800 m
		Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 4: Análisis de iluminancia en estancia Zona Socios

Zona Socios					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RU _{G,max}	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥150	≥0,4	≤20	≤750	-
Obtenida	158	0,5	19	[55,31 - 87,78]	6,53

Tabla 20: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Zona Socios

- Restaurante:



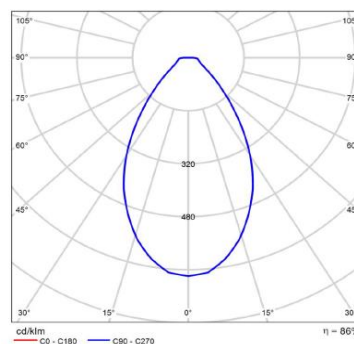
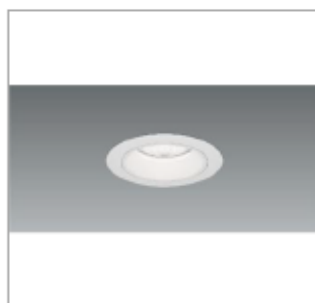
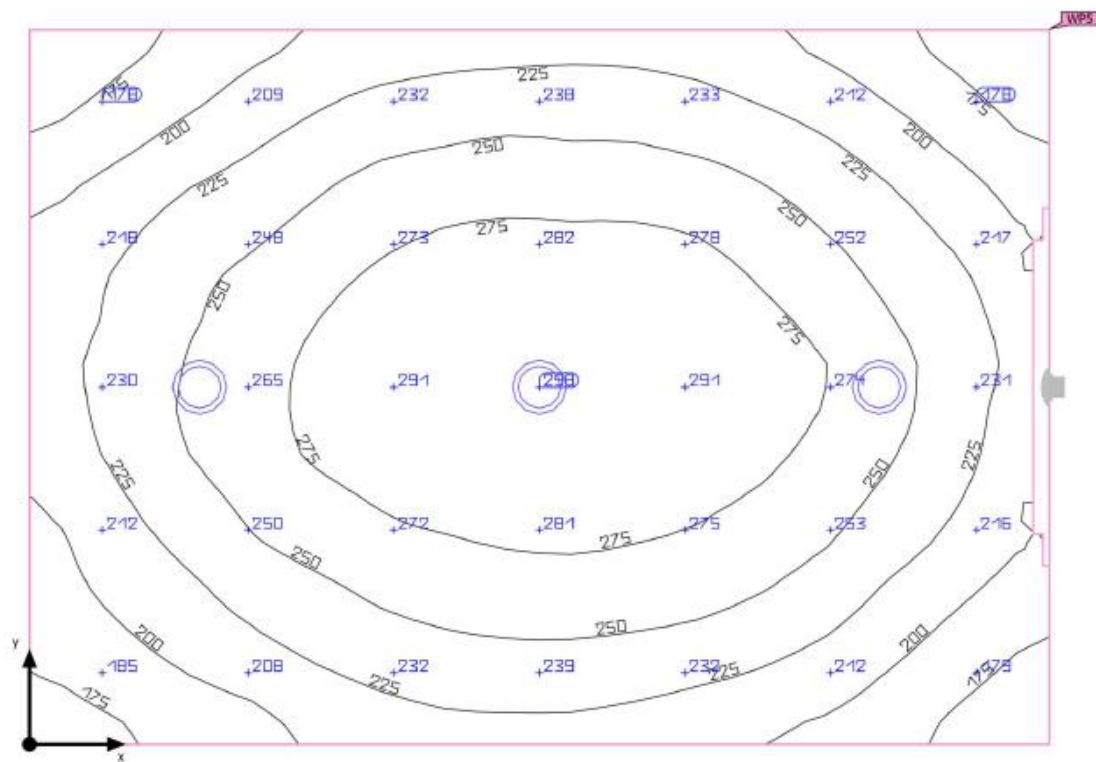
Base	72.16 m ²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 64.5 %	Altura de montaje	3.000 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura Plano útil	0.800 m
		Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 5: Análisis de iluminancia en estancia Restaurante

Restaurante					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥400	≥0,5	≤19	≤2550	-
Obtenida	458	0,5	19	[1173,22-1404]	4,99

Tabla 21 Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Restaurante

- Baño hombres:



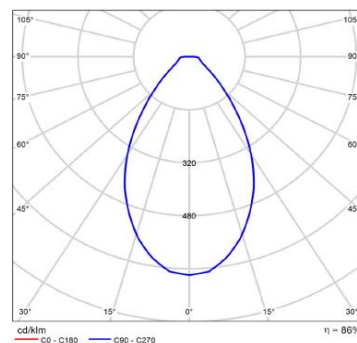
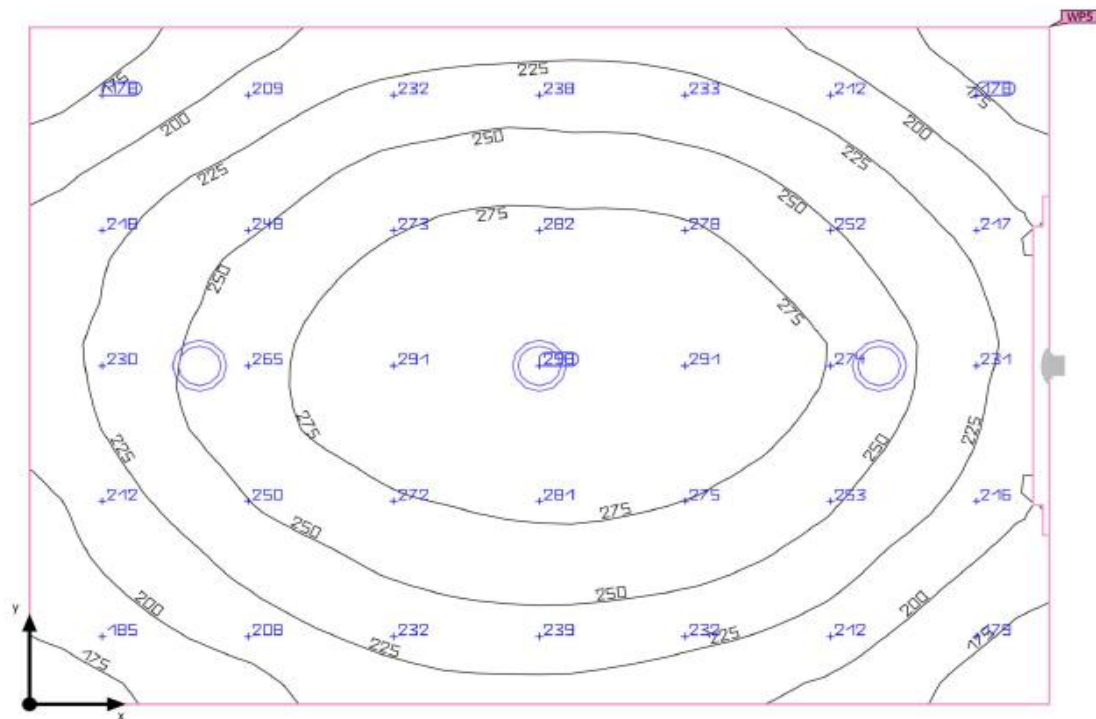
Base	4.08 m ²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 64.5 %	Altura de montaje	3.079 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura Plano útil	0.800 m
		Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 6: Análisis de iluminancia en estancia Baño Hombres

Baño Hombres					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥200	≥0,4	≤22	≤150	-
Obtenida	237	0,64	19	62,2	5,59

Tabla 22: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Baño Hombres

- Baño mujeres:



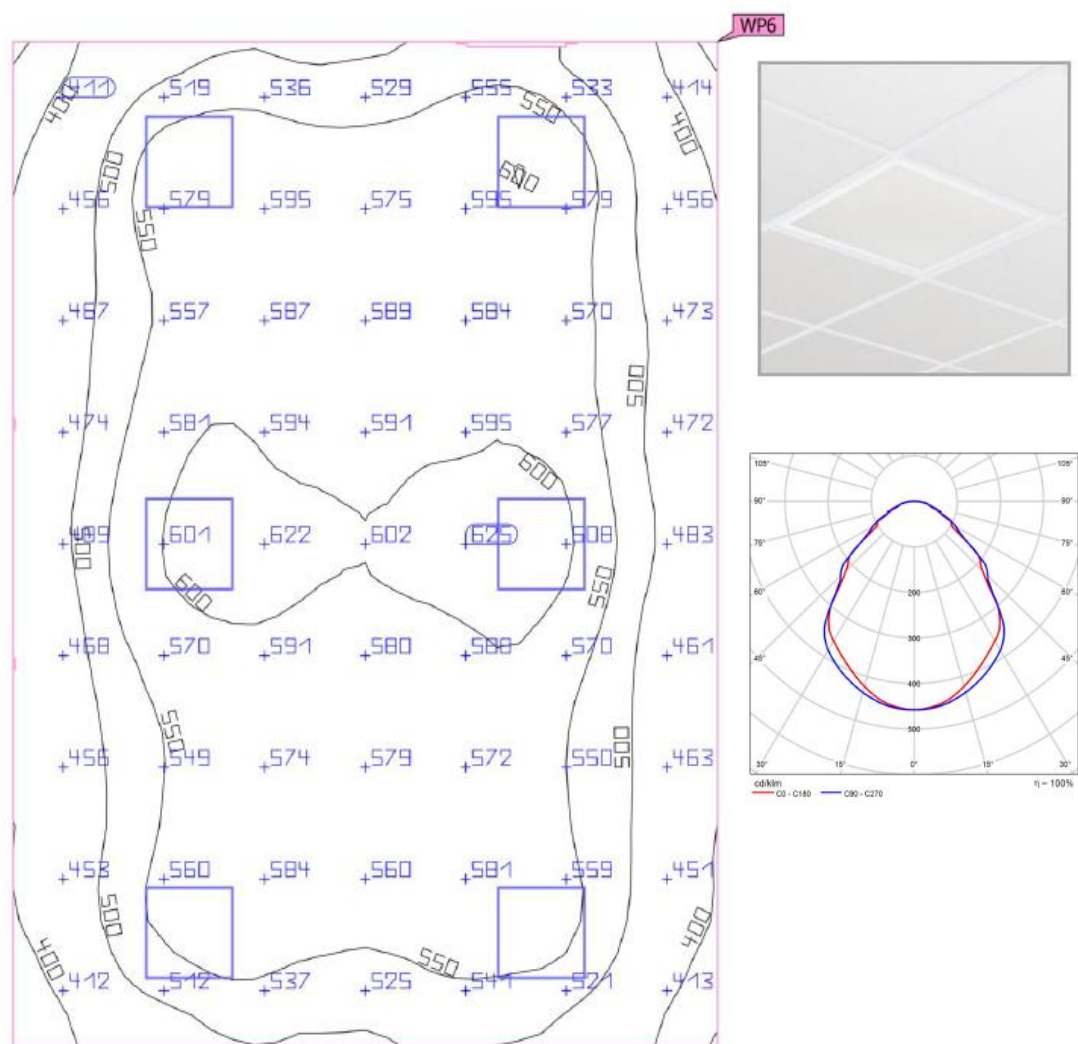
Base	4.08 m ²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 64.5 %	Altura de montaje	3.079 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura Plano útil	0.800 m
		Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 7: Análisis de iluminancia en estancia Baño Mujeres

Baño Mujeres					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥200	≥0,4	≤22	≤150	-
Obtenida	239	0,63	19	62,2	5,59

Tabla 23: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Baño Mujeres

- Cocina:



Base	34.00 m ²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 64.5 %	Altura de montaje	3.050 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura plano útil	0.800 m
		Zona marginal plano útil	0.000 m

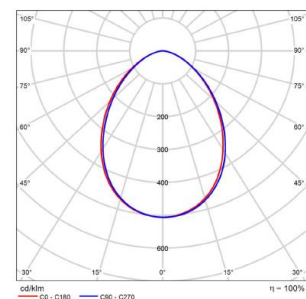
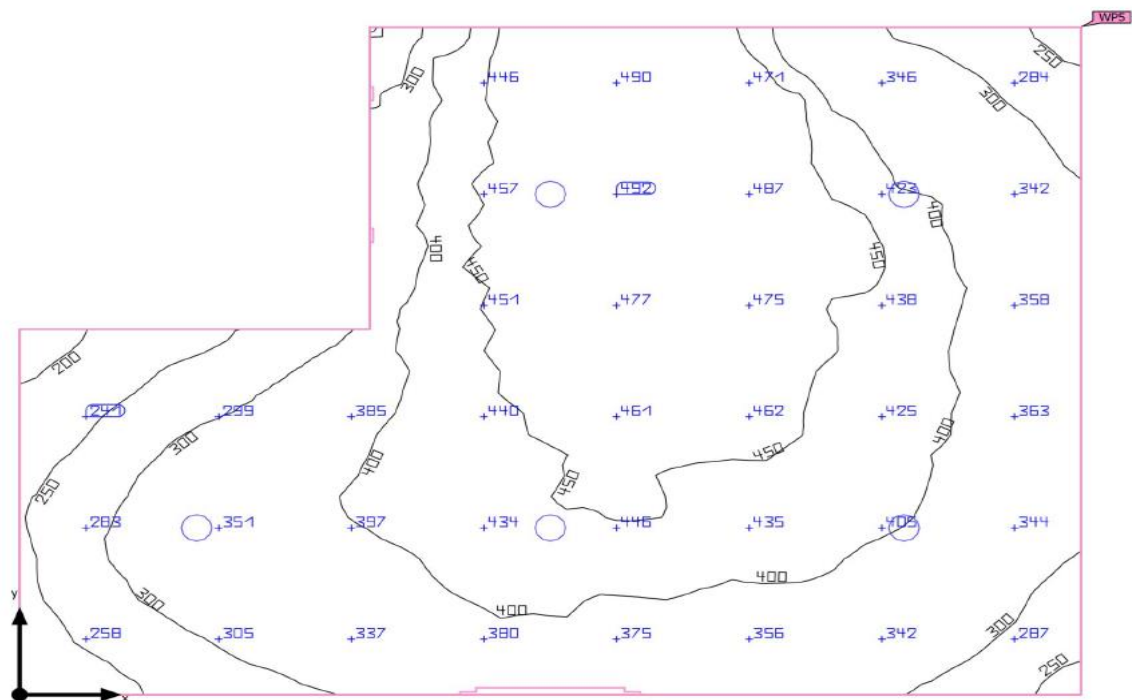
Imagen 8: Análisis de iluminancia en estancia Cocina

Cocina					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥500	≥0,6	≤22	≤1200	-
Obtenida	537	0,63	17	[705,22 - 936,00]	7,06

Tabla 24: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Cocina

2.1.1.2 Edificio 1:

- Zonas Comunes:



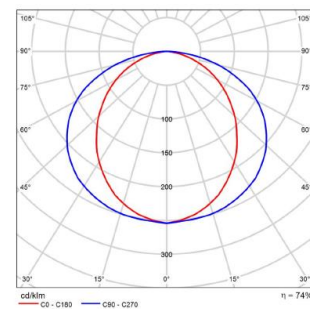
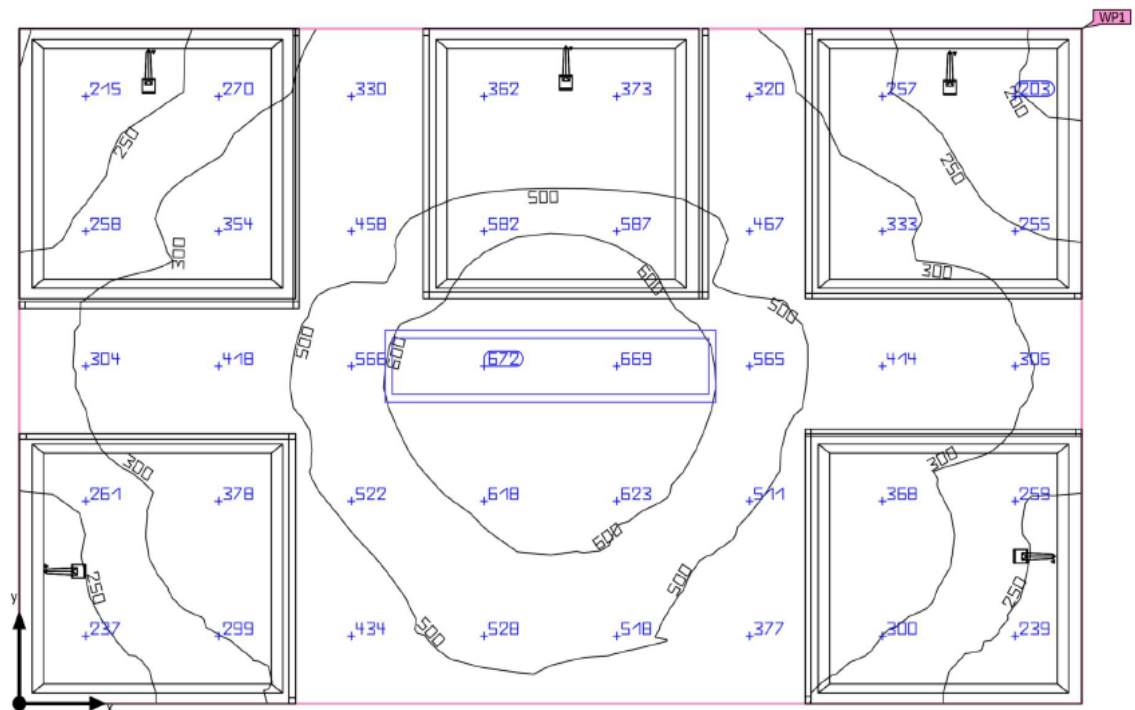
Base	15.53 m ²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 75.2 %	Altura de montaje	3.000 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura Plano útil	0.800 m
		Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 9: Análisis de iluminancia en Zonas Comunes

Zonas Comunes					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥200	≥0,4	≤25	≤550	-
Obtenida	386	0,49	19	[64,19 - 82,50]	6,44

Tabla 25: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Zonas Comunes

- Duchas:



Base	15.00 m ²
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 75.2 %
Factor de degradación	0.80 (Global)

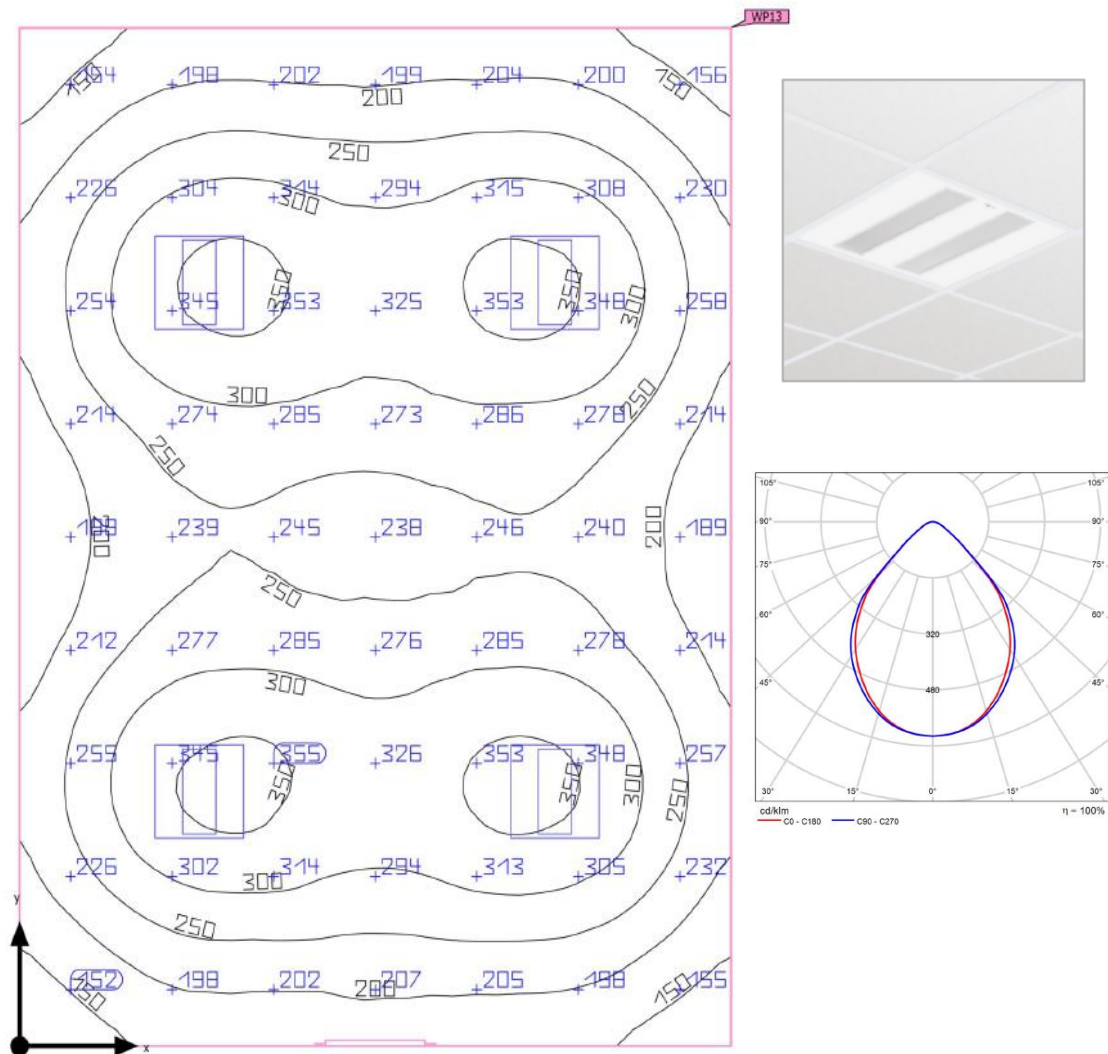
Altura interior del local	3.000 m
Altura de montaje	3.000 m
Altura Plano útil	0.800 m
Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 11: Análisis de iluminancia en Duchas

Duchas					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥200	≥0,4	≤25	≤550	-
Obtenida	397	0,51	24	70,9	5,73

Tabla 27: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Duchas

- Almacén deportivo:



Base	34.00 m ²	Altura interior del local	3.000 m
Grado de reflexión	Techo: 70.0 %, Paredes: 50.0 %, Suelo: 45.6 %	Altura de montaje	3.060 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura Plano útil	0.800 m
		Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 12: Análisis de iluminancia en estancia Almacén Deportivo

Almacén Deportivo					
	E _{media} (lx)	E _{min} /E _{max}	R _{UG,max}	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥100	≥0,4	≤25	≤1200	-
Obtenida	257	0,41	16	[174,67 - 277,20]	3,29

Tabla 28: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Almacén Deportivo

En resumen, los resultados obtenidos en las estancias del Edificio 2 son los siguientes:

	Obtenida				Reglamento	
	Emedia (lx)	Emin (lx)	Emax (lx)	Emin/Emedia	Emedia (lx)	Emin/Emax
Oficina	554	331	657	0,6	≥500	≥0,6
Zona Socios	158	81	202	0,51	≥100	≥0,4
Restaurante	458	229	564	0,5	≥400	≥0,5
Baño Hombres	237	151	298	0,64	≥200	≥0,4
Baño Mujeres	239	150	299	0,63	≥200	≥0,4
Cocina	537	339	630	0,6	≥500	≥0,6

Tabla 29: Resultados lumínicos del Edificio 1

2.1.1.3 Centro de Transformación:

	Obtenida				Reglamento	
	Emedia (lx)	Emin (lx)	Emax (lx)	Emin/Emedia	Emedia (lx)	Emin/Emax
CdT	262	129	330	0,49	≥262	≥0,4

Tabla 30: Resultados lumínicos del Centro de Transformación

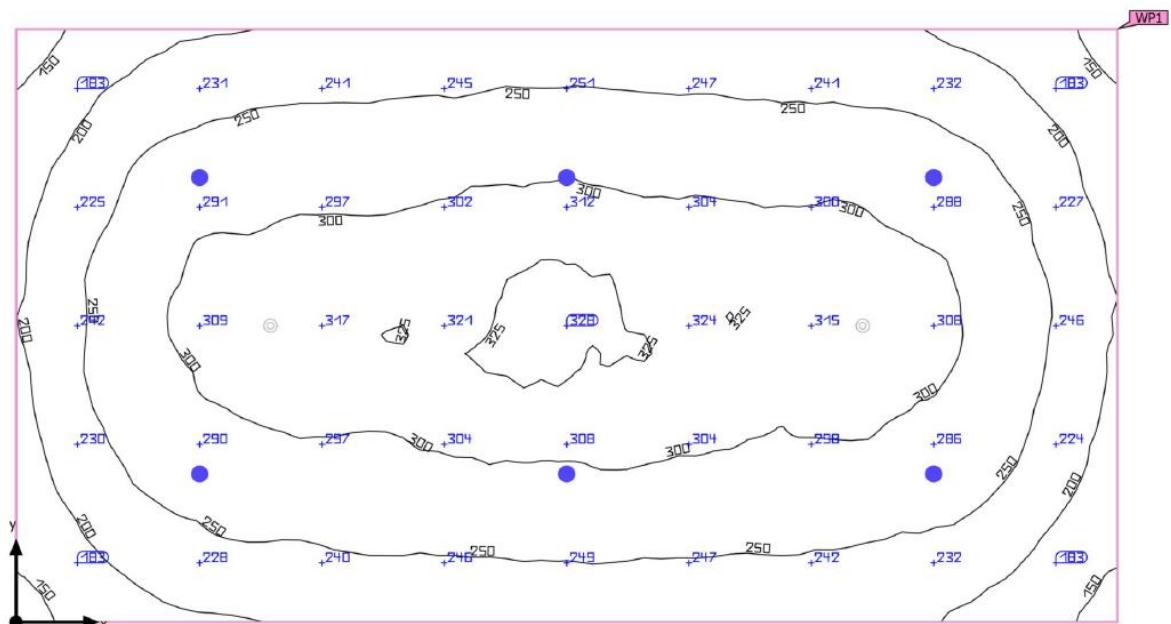
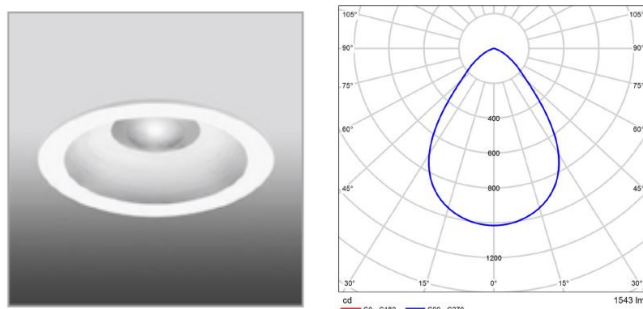


Imagen 13: Análisis de iluminancia en Centro de Transformación



Centro de Transformación					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	RUG,max	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥150	≥0,4	≤25	≤550	-
Obtenida	262	0,49	25	16,8	4,48

Tabla 31: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Centro de Transformación

2.1.2 Alumbrado exterior

2.1.2.1 Alumbrado del campo de fútbol

Tanto para el cálculo del alumbrado del campo de fútbol como de rugby se ha empleado una versión previa del software utilizado para estancias interiores. Si bien, dicho programa sigue atendiendo a la norma.

Cabe destacar que las luminarias se han colocado a 22 metros de altura para conseguir mayor uniformidad de alumbrado en el terreno. Además, en los cálculos se ha tenido en cuenta que este alumbrado no tendrá una frecuencia de uso como la del alumbrado de la zona de tránsito dentro del complejo. Por ello, se ha optado por una iluminación independiente de la zona de tránsito colindante al terreno de juego.

Campo de fútbol					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	P (W/m ²)	Rendimiento Cromático	Valoración Brillo
Normativa	≥200	≥0,6	-	≥60	≤50
Obtenida	352	0,6	4,51	100	[34- 44]

Tabla 32: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Campo de Fútbol

La iluminancia final obtenida en el campo de fútbol es la siguiente:

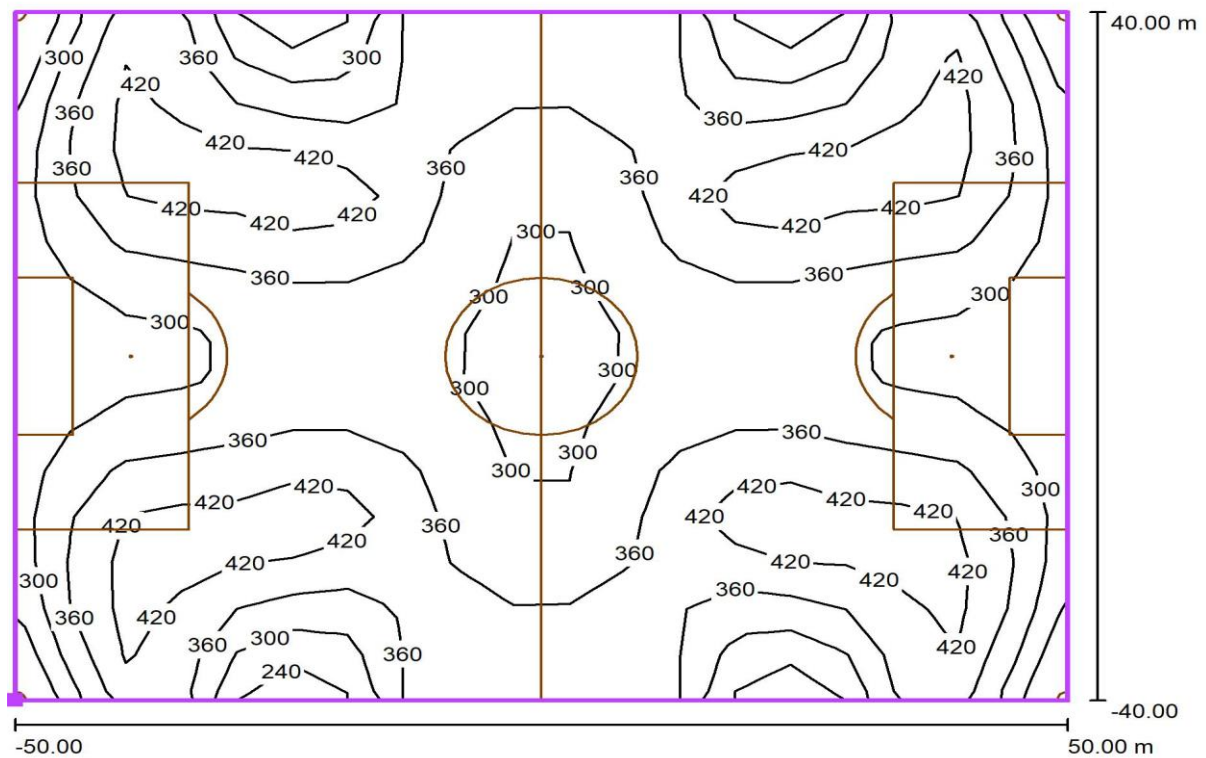


Imagen 14: Análisis de iluminancia por isótopas en Campo de Fútbol

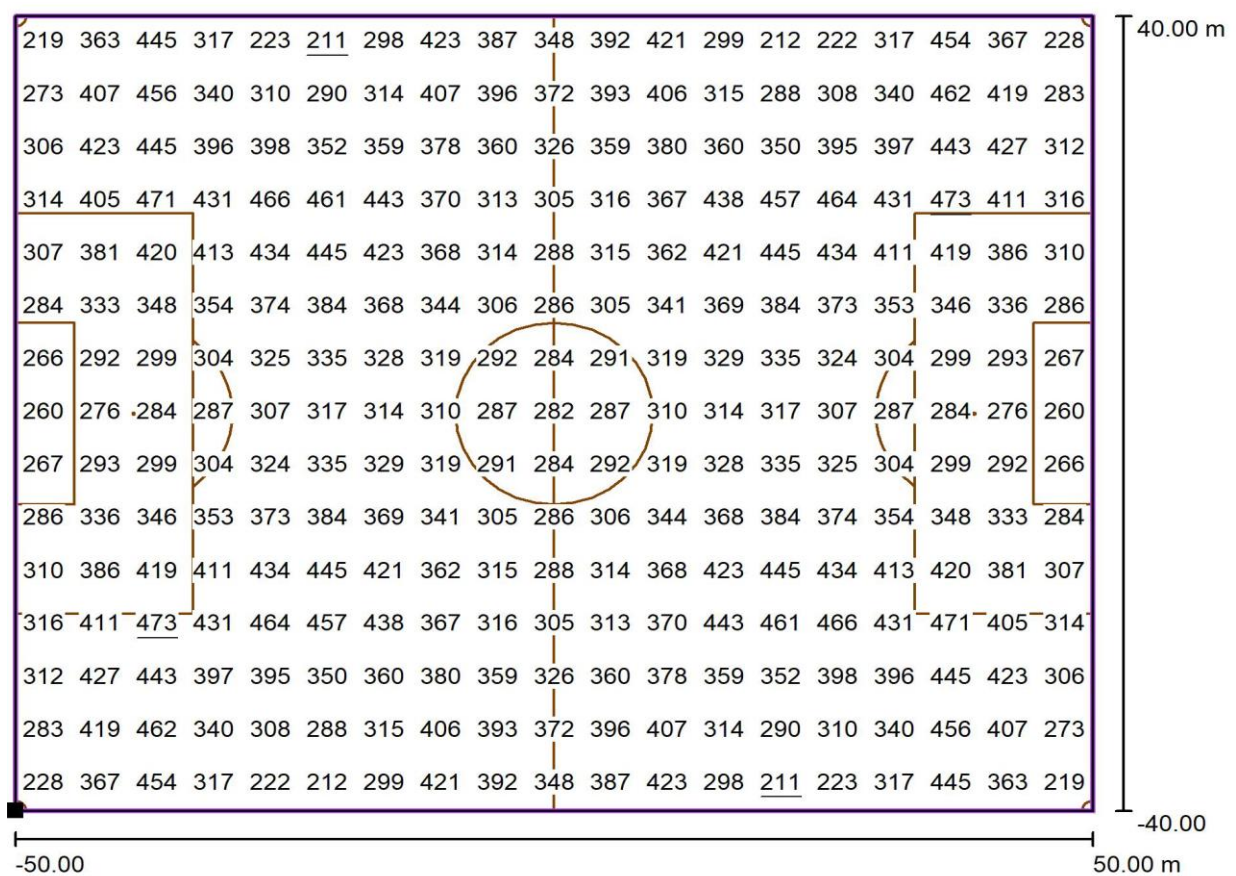


Imagen 15: Análisis de iluminancia en Campo de Fútbol

Como se puede observar se obtiene gran uniformidad en el campo ya que se ha dotado de numerosas luminarias de alta potencia. Esto provocará menores deslumbramientos y una mejor calidad de visión.

La orientación de las luminarias tendrá el siguiente esquema:

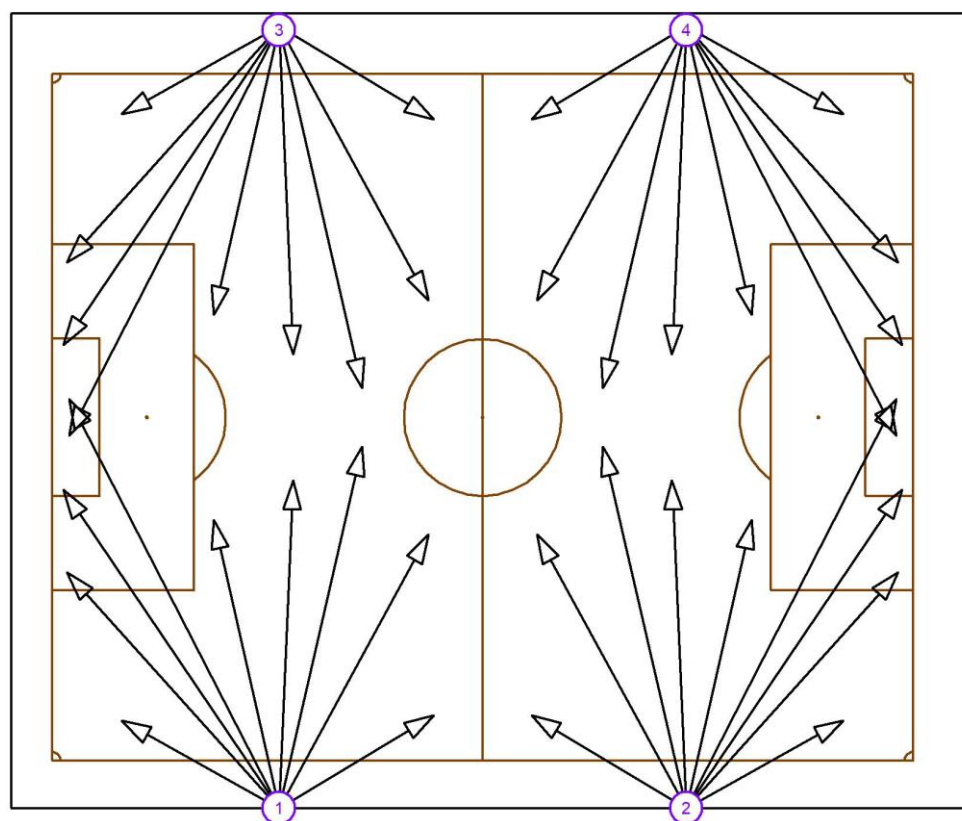


Imagen 16: Orientación de las luminarias del Campo de Fútbol

2.1.2.2 Alumbrado del campo de rugby

Teniendo en cuenta que el campo de fútbol dispone de las mismas restricciones lumínicas que el campo de rugby. Se exponen los cálculos obtenidos para la iluminación de esta superficie deportiva:

Campo de rugby					
	Emedia (lx)	Emin/Emax	P (W/m ²)	Rendimiento Cromático	Valoración Brillo
Normativa	≥200	≥0,6	-	≥60	≤50
Obtenida	364	0,63	4,51	100	[33-43]

Tabla 33: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Campo de Rugby

Illuminancia obtenida en el campo de rugby:

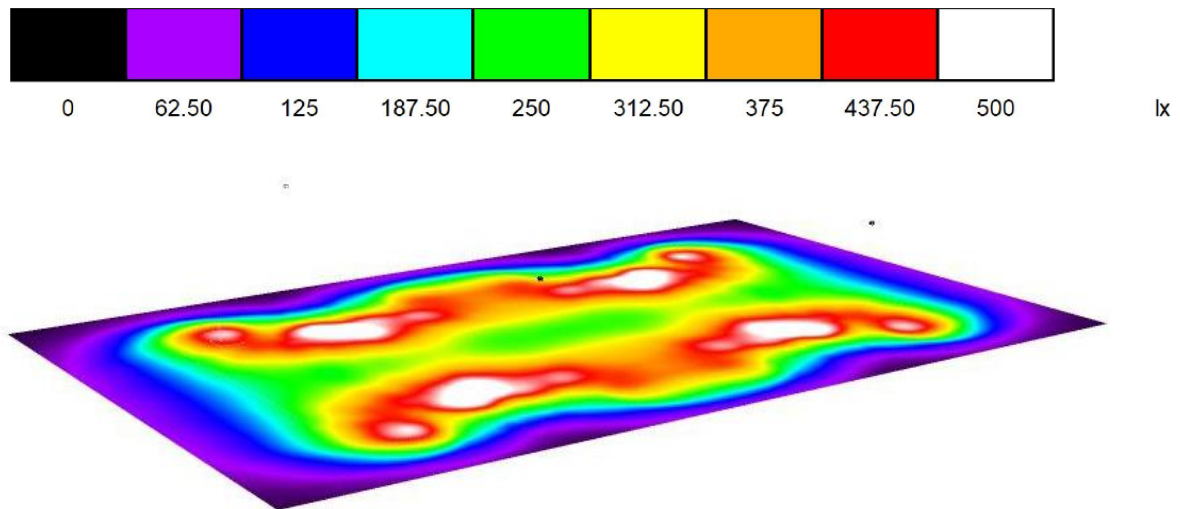


Imagen 17: Análisis de iluminancia por escala de colores en Campo de Rugby

Orientación de las luminarias:

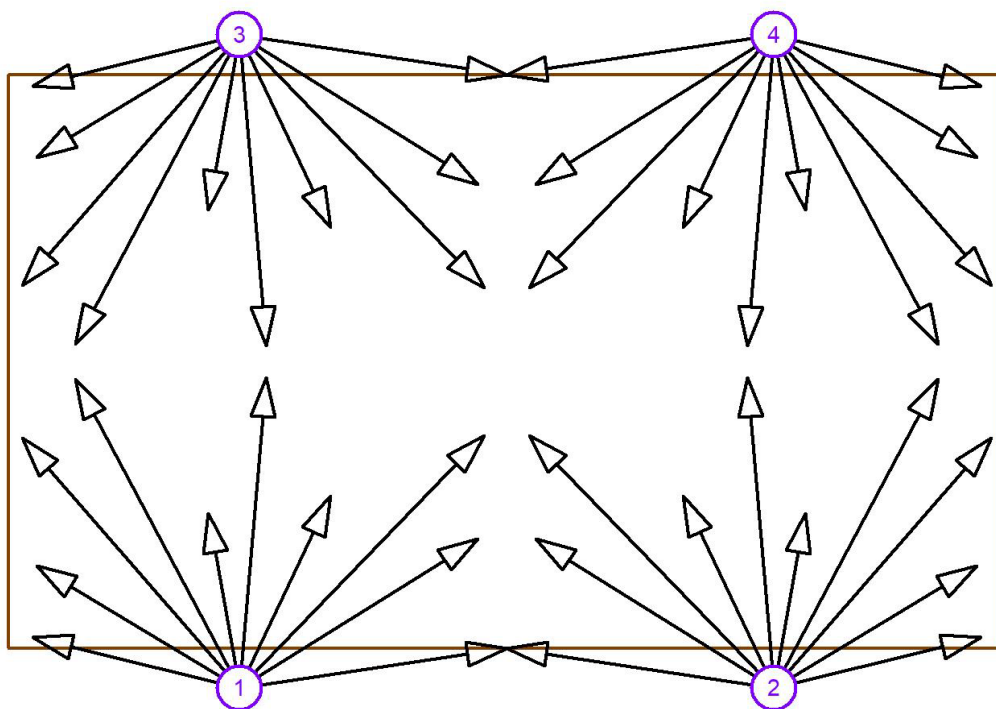
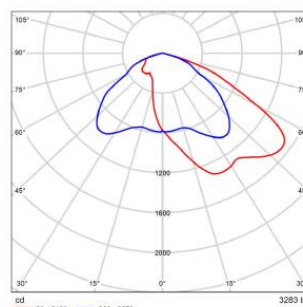
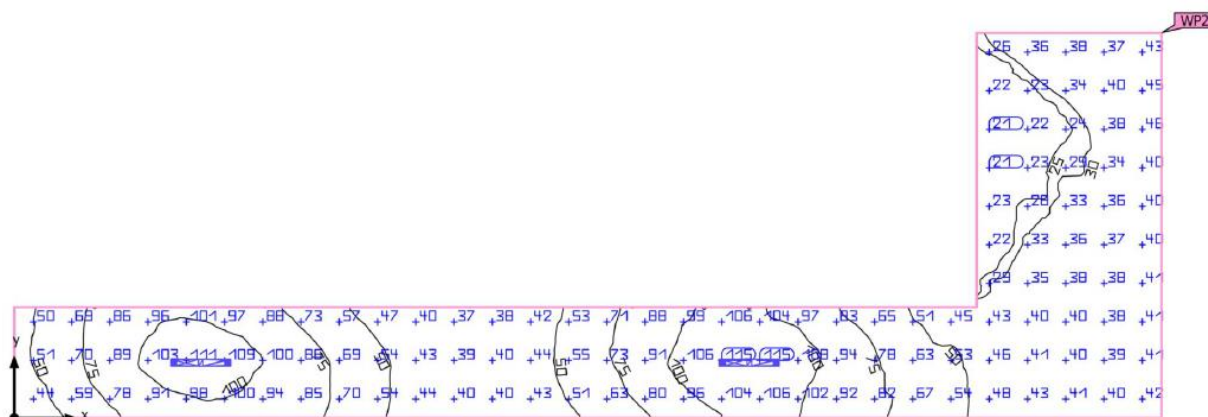


Imagen 18: Orientación de las luminarias del Campo de Rugby

2.1.3 Alumbrado de las zonas comunes exteriores

En esta sección se exponen los cálculos del alumbrado de las zonas de tránsito del complejo, entre las que se encuentran: zonas colindantes a los campos, los vestuarios y el restaurante; además del aparcamiento. Regulados por la ITC-EA-02.

- Entrada al complejo:



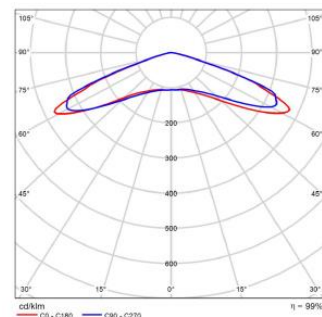
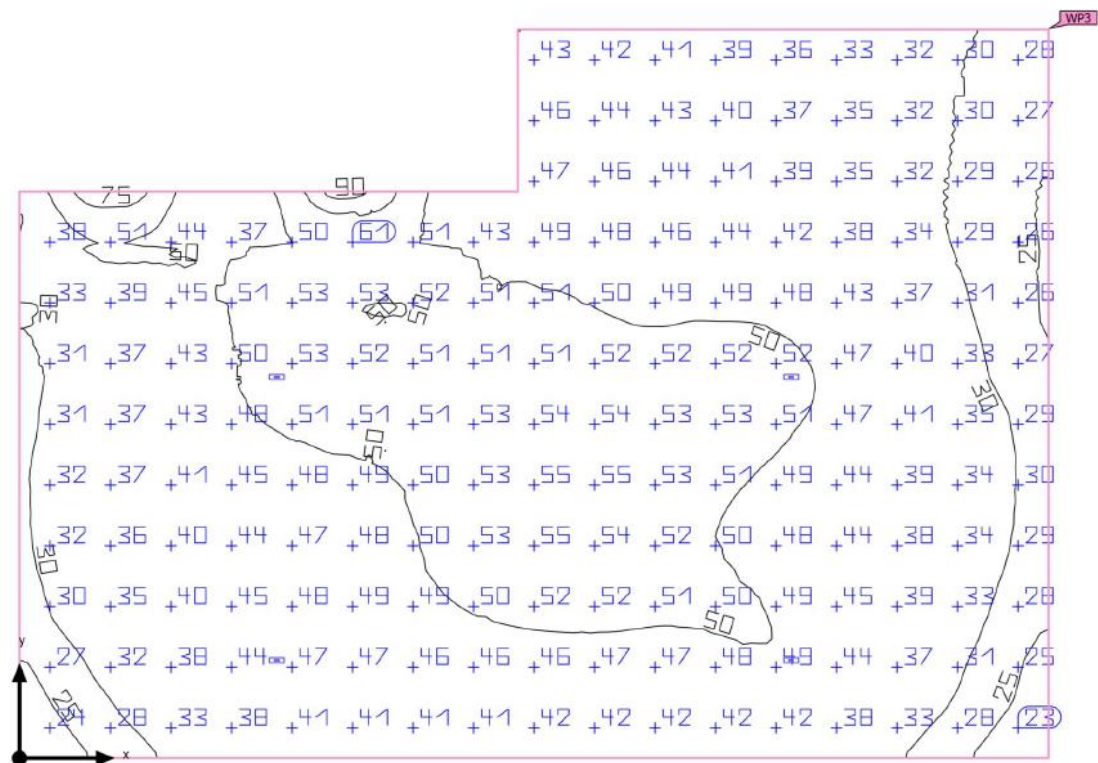
		Altura de montaje	4.000 m
		Altura Plano útil	0.000 m
Base	130.15 m ²		
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 19: Análisis de iluminancia en estancia Entrada al Complejo

Entrada Complejo				
	Emedia (lx)	Emin/Emax	Consumo kWh/a	P (W/m ²)
Normativa	≥5	≥0,25	≤4600	-
Obtenida	58,7	0,36	876	0,77

Tabla 34: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en estancia Entrada al Complejo

- Aparcamiento:



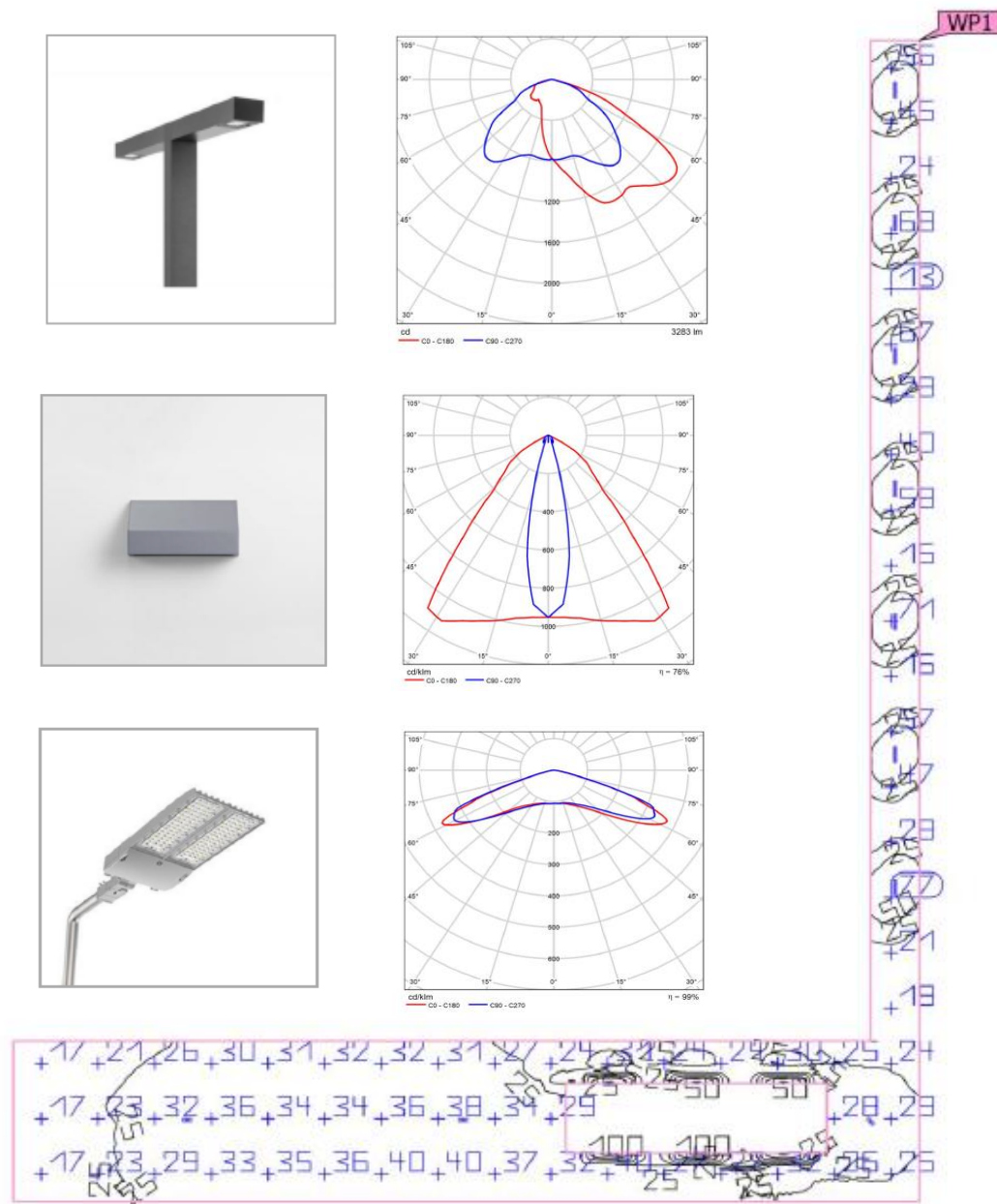
Base	2596.54 m ²	Altura de montaje	12.000 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Altura Plano útil	0.000 m
		Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 20: Análisis de iluminancia en estancia Aparcamiento

Aparcamiento				
	Emedia (lx)	Emin/Emax	Consumo kWh/a	P (W/m ²)
Normativa	≥10	≥0,25	≤90900	-
Obtenida	42,8	0,48	12264	0,54

Tabla 35: Comparación de los valores obtenidos con la normativa estancia Aparcamiento

- Zona Peatonal interna:



		Altura de montaje	3.057 m – 12.000 m
Base	1912.68 m ²	Altura Plano útil	0.000 m
Factor de degradación	0.80 (Global)	Zona marginal Plano útil	0.000 m

Imagen 21: Análisis de iluminancia en Zona Peatonal interna

Zona Peatonal interna				
	Emedia (lx)	Emin/Emax	Consumo (kWh/a)	P (W/m ²)
Normativa	≥5	≥0,25	≤669950	-
Obtenida	32,8	0,28	13315	0,79

Tabla 36: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en Zona Peatonal interna

2.1.4 Eficiencia energética de la instalación

A partir de lo comentado anteriormente, se procede al cálculo de la eficiencia energética del alumbrado del aparcamiento.

Cálculo de la superficie a iluminar:

$$S = 45 \cdot 33,05 + 35,3 \cdot 31,05 = 2596,54 \text{ m}^2$$

Potencia activa instalada a considerar:

$$P = 4 \cdot 350 \cdot 0,5 = 1400 \text{ W}$$

Iluminancia media mantenida: $E_m = 42,8 \text{ lx}$

Cálculo de la eficiencia energética de la instalación:

$$\varepsilon = \frac{S \cdot E_m}{P} = \frac{2596,54 \cdot 42,8}{1400} = 79,38 \frac{\text{m}^2 \cdot \text{lux}}{\text{W}}$$

Para calcular la eficiencia energética de referencia se consulta la Tabla 3 - “Valores de eficiencia energética de referencia” del ITC-EA-01, alumbrado de vía funcional.

Por tanto, el índice de eficiencia energética en este caso es:

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R} = \frac{79,38}{18} = 4,41$$

Finalmente, consultando la Tabla 4- “Calificación energética de una instalación de alumbrado”, se obtiene una **A** en la instalación.

En cuanto al resto de alumbrado exterior cabe destacar que se han tenido en cuenta los aspectos que marca el reglamento, como son:

- Iluminar únicamente la superficie deseada.
- Uso de lámparas de elevada eficacia luminosa.
- Uso de luminarias de elevado rendimiento luminoso.
- El factor de utilización y mantenimiento es lo más elevado posible.

2.1.5 Alumbrado de emergencia

Para el cumplimiento de la normativa vigente se ha considerado oportuno el uso de luminarias de baja potencia ya que la iluminancia que se debe cumplir en la sala es baja comparada con la normal.

Cabe destacar que el cálculo de la escena de iluminación de emergencia se ha realizado sin reflexión y sin tener en cuenta los muebles colocados. Además, la altura de referencia es el nivel del suelo.

	Superficie antipánico del restaurante			
	Iluminancia	Emáx (lx)	Emin (lx)	Uniformidad
Normativa	-	-	$\geq 0,5$	$\geq 0,025$
Obtenida	Perpendicular	85,5	9,23	0,11

Tabla 37: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en alumbrado de emergencia del restaurante

A continuación, se muestran las isolíneas obtenidas en la simulación del alumbrado antipánico:

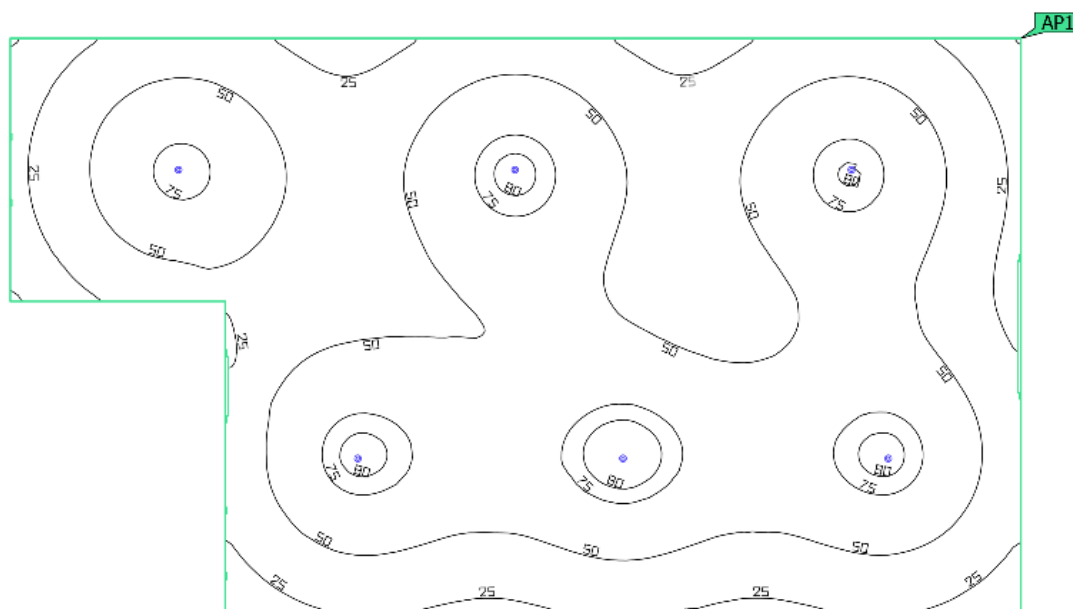
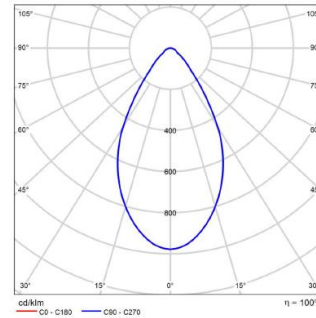


Imagen 22: Análisis de iluminancia antipánico en Restaurante



Salida de emergencia del restaurante						
	Iluminancia	Emáx superficie media (lx)	Emin superficie media (lx)	Emáx línea media (lx)	Emin línea media (lx)	Uniformidad
Normativa	-	-	$\geq 0,5$	-	≥ 1	0,025
Obtenida	Perpendicular	85,3	3,8	85,2	19,9	0,23

Tabla 38: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en salida de emergencia del restaurante

Isolíneas obtenidas en la simulación del alumbrado de evacuación:

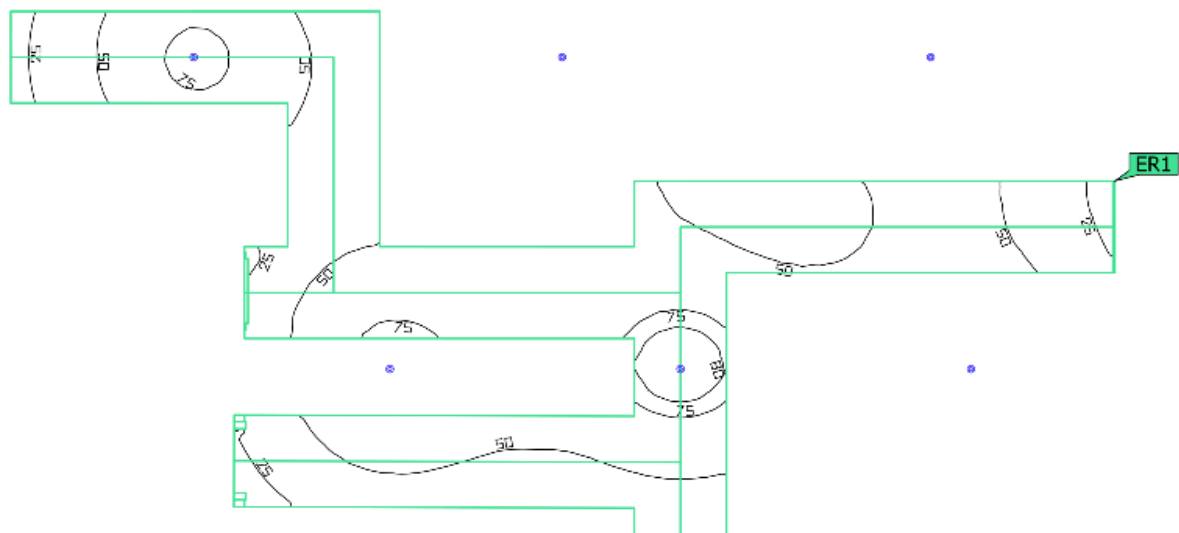


Imagen 23: Análisis de iluminancia de la salida de emergencia del Restaurante

Es importante destacar que, tanto para el alumbrado de evacuación como antipánico el software únicamente tiene en cuenta las luminarias que se van a emplear para este fin.

Por normativa los almacenes deben de disponer de alumbrado de emergencia. Por tanto, aunque no sea de gran tamaño se realiza su intalación. Los resultados obtenidos son los siguientes:

	Superficie antipánico del almacén			
	Iluminancia	Emáx (lx)	Emin (lx)	Uniformidad
Normativa	-	-	$\geq 0,5$	$\geq 0,025$
Obtenida	Perpendicular	77,8	4,63	0,06

Tabla 39: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en alumbrado de emergencia del almacén

Isolineas:

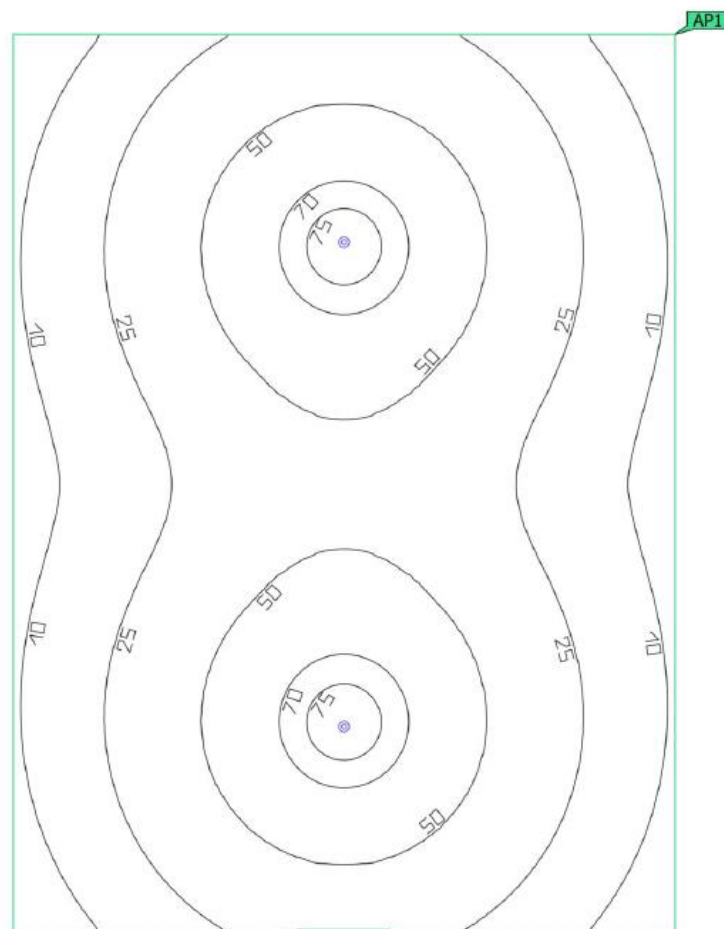


Imagen 24: Análisis de iluminancia antipánico del almacén

Finalmente, el último recinto que dispondrá de alumbrado de emergencia es el centro de transformación. Los resultados obtenidos son los siguientes:

	Superficie antipánico del Centro de Transformación			
	Iluminancia	Emáx (lx)	Emin (lx)	Uniformidad
Normativa	-	-	≥ 5	$\geq 0,025$
Obtenida	Perpendicular	78,2	12,4	0,16

Tabla 40: Comparación de los valores obtenidos con la normativa en salida de emergencia del CdT

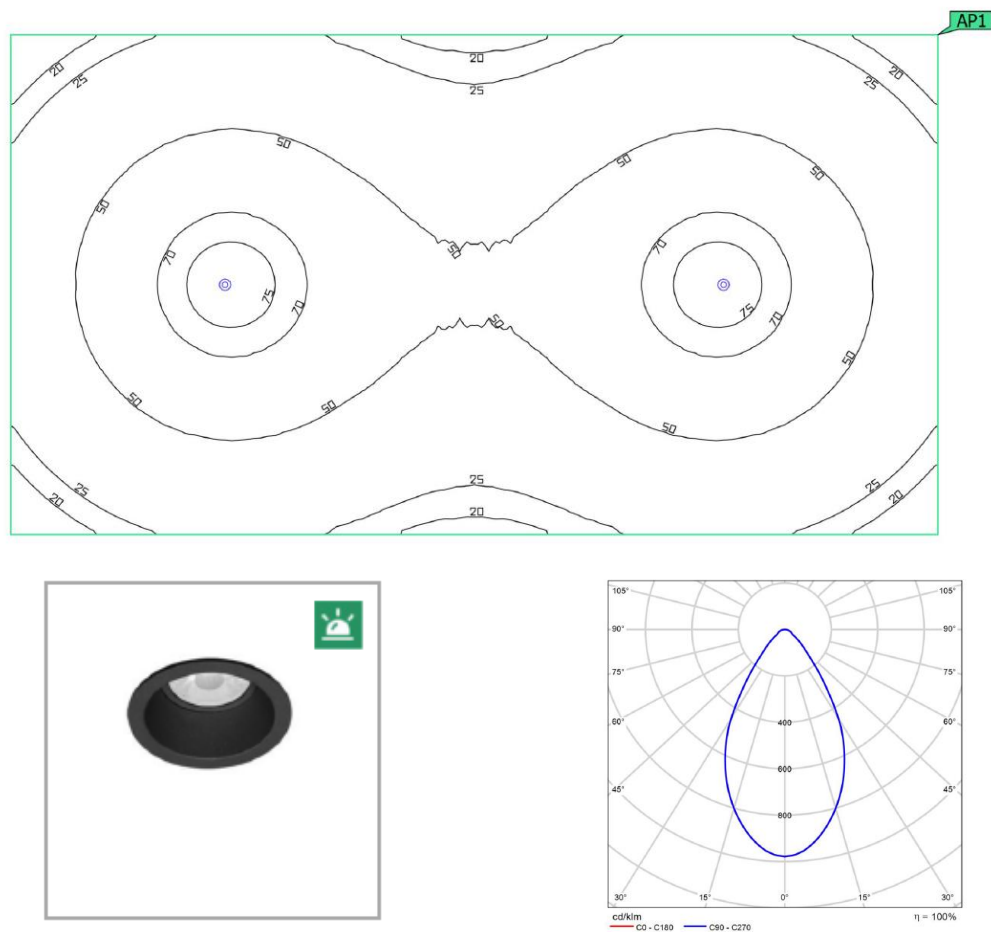


Imagen 25: Análisis de iluminancia antipánico del CdT

2.2 PREVISIÓN DE CARGAS

A continuación, se muestra un desglose de la potencia prevista por cada estancia del complejo:

Estancia	Unidades	Modelo	Descripción	Potencia total real (W)	Factor de simultaneidad	Potencia total a prever (W)
Aparcamiento	4	V1-S1-H0703-40L24-6535050 Uragan Parking 350W 5000K	Luminaria exterior	1400	1	1400
Entrada Complejo	2	AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70	Luminaria exterior	100	1	100
Campo de fútbol	36	THREELINE 1 OLP1000W BF 30	Luminaria exterior	36093,6	1	1050
Campo de rugby	40	THREELINE 1 OLP1000W BF 30	Luminaria exterior	40104	1	350
Zona de Tránsito	3	V1-S1-H0703-40L24-6535050 Uragan Parking 350W 5000K	Luminaria exterior	1050	1	36093,6
	7	AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70	Luminaria exterior	350	1	40104
	6	Mini SKUNA2 Downlight	Luminaria exterior	120	1	120
Almacén deportivo	1	ZWBE25/30-3C	Caldera	30000	1	30000
	4	RC342B LED28S/940 MLO W62L62	Luminaria interior	112	1	112
	4	Tomas de corriente (230Vx16A)		14720	0,3	4416

	2	COBRA-G 1X2 TA 1 CR 5821111AWYU ES-SYSTEM	Luminaria emergencia	4	1	4
	1	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria Emergencia	1,5	1	1,5
Vestuarios	8	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	Luminaria interior	60,8	1	60,8
	4	LSPO_552_LED_86W_IP54_ NEUTRAL_L1556mm	Luminaria interior	344	1	344
	20	V1-R0-00556-10A00-6502030 DL-Pro 20W 3000K	Luminaria interior	400	1	400
	4	Tomas de corriente (230Vx16A)		14720	0,3	4416
	4	AAA0000656574	Secador de manos	10000	1	10000
	8	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria Emergencia	12	1	12
Oficina	6	RC132V W60L60 PSD 1 xLED43S/840 OC EL	Luminaria interior	222	1	222
	6	Tomas de corriente (230Vx16A)		22080	0,3	6624
	1	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria emergencia	1,5	1	1,5
	1	CCG-02Z	Sistema Contraincendios	50	1	50
Zona Socios	6	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	Luminaria interior	45,6	1	45,6
	4	Tomas de corriente (230Vx16A)		14720	0,3	4416
	2	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria emergencia	3	1	3
Baño Hombres	3	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	Luminaria interior	22,8	1	22,8

	1	Tomas de corriente (230Vx16A)		3680	0,3	1104
	1	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria emergencia	1,5	1	1,5
Baño Mujeres	3	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N	Luminaria interior	22,8	1	22,8
	1	Tomas de corriente (230Vx16A)		3680	0,3	1104
	1	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria emergencia	1,5	1	1,5
Cocina	6	RC402B LED42S/830 OC PSU W62L62	Luminaria interior	240	1	240
	1	Armario de refrigeración Infrico AN904 T/F	Frigorífico	820	1	820
	1	KLS309M	Campana extractora	420	1	420
	1	AC500 MIX A PV	Armario de congelación	350	1	350
	1	MI-LVJ50	Lavavajillas	3400	1	3400
	2	RC-EC6VO	Cocina eléctrica	31200	1	31200
	1	GL909	Freidora eléctrica	15000	1	15000
	1	RCEG-75	Plancha de cocina	2200	1	2200
	4	Tomas de corriente (230Vx16A)		14720	0,3	4416
	1	TNCPLUS80	Caldera	1500	1	1500
	2	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria emergencia	3	1	3
Restaurante	18	Sense Basic 300x600 Hvid 3000K	Luminaria interior	360	1	360
	1	ST-LVVS40-AB-DT	Lavavasos	2730	1	2730

	1	SZ360	Nevera expositora bebidas	300	1	300
	1	SLS106	Vinoteca	80	1	80
	1	RCIC-80FI	Máquina de cubitos de hielo	580	1	580
	6	VTRS 12.0530.60/DALI 60°	Luminaria emergencia	72	1	72
	1	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Luminaria emergencia	1,5	1	1,5
	12	Tomas de corriente (230Vx16A)		44160	0,3	13248
Centro de Transformación	6	PARABOLA 100 ROUND 80° FINITURA BIANCA 3000K	Luminaria interior	102	1	102
	2	VTRS 12.0530.60/DALI 60°	Luminaria emergencia	24	1	24
POTENCIA TOTAL QUE PREVER					219649,1 W	

Tabla 41: Previsión de cargas

2.3 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

2.3.1 Potencia del transformador

Una vez que se ha hecho una estimación de las cargas a instalar en el complejo, se procede a describir el proceso de cálculo de la potencia del transformador:

$$S = \frac{P \cdot K_u \cdot K_s}{\cos \varphi}$$

Siendo:

P: Potencia prevista

K_s: Factor de simultaneidad

K_u: Factor de utilización

Cos φ: Factor de potencia

Los factores de simultaneidad, utilización y de potencia son parámetros condicionantes en el cálculo. Emplear bajos factores podría suponer un mal dimensionamiento de la potencia del transformador, produciendo el desabastecimiento del complejo. Por tanto, se estima conveniente establecer factores elevados para garantizar el suministro.

Valor de los parámetros estimados:

$$K_s = 0,9$$

$$K_u = 1$$

$$\cos(\varphi) = 0,9$$

Por tanto, la potencia mínima que debe tener el transformador será:

$$S = \frac{219.649,1 \cdot 1 \cdot 0,9}{0,9} = 220 \text{ kVA}$$

Una vez estimada la potencia necesaria se escoge el modelo de transformador que se va a emplear en la instalación. Como se tratan de potencias normalizadas, se considera oportuno utilizar el transformador de potencia de 400 kVA. Esto se debe a la necesidad de entregar una corriente que no podría suministrarse con un transformador de 250 kVA.

A continuación, se muestran las características más relevantes de dicho transformador:

Transformador tipo VIESGO 12/20 kV	
Tensión del primario	24 kV
Tensión del secundario	420 V
Pérdidas en vacío	387 W
Pérdidas en carga	3250 W
Intensidad de vacío	1,10%
Impedancia de cortocircuito	4%

Tabla 42: Características eléctricas del transformador

Largo	1360 mm
Ancho	908 mm
Alto	1645 mm
Volumen Dieléctrico	454 L

Tabla 43: Características físicas del transformador

2.3.2 Intensidad de Alta Tensión

La intensidad nominal que circulará por el cable de alta se calculará por medio de la potencia máxima que puede desarrollar el transformador. Por ser un sistema trifásico, dicha corriente se calculará del siguiente modo:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n}$$

Siendo:

S: Potencia máxima de trabajo del transformador (VA)

Un: Tensión del primario (V)

Sustituyendo los valores se obtiene:

$$I_{alta} = \frac{400.000}{\sqrt{3} \cdot 12.000} = 19,24 \text{ A}$$

Por tanto, la corriente de nominal del primario será de 20 A.

2.3.3 Intensidad de Baja Tensión

Aplicando el mismo método de cálculo que para la corriente en alta cuando el transformador funciona a máxima potencia, obtenemos una corriente de baja:

$$I_{baja} = \frac{S}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{400.000}{\sqrt{3} \cdot 420} = 549,86 \text{ A}$$

Siendo, en este caso, U_n la tensión nominal en el lado de baja tensión.

Se comprueba que la corriente que sale del secundario del transformador es superior a la que debe abastecer en el caso más restrictivo: $549,86 \text{ A} > 424,23 \text{ A}$.

2.3.4 Intensidad de cortocircuito en Media Tensión

El valor inicial de la corriente de cortocircuito es dos veces y media superior al medio.

En base a las especificaciones que marca VIESGO en la instalación de centros de transformación alimentados a 12 kV, se toma como referencia 40 kA de corriente de cresta.

En base a este dato proporcionado por la compañía se calcula la corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión:

$$I_{CC} = \frac{I_{CRESTA}}{2,5} = \frac{40}{2,5} = 16 \text{ kA}$$

Por tanto, la corriente de cortocircuito en el lado de alta es de 16 kA.

2.3.5 Intensidad de cortocircuito en Baja Tensión

En primer lugar, se demuestra cómo obtener la corriente de cortocircuito en el secundario del transformador:

$$I_{cc} = 1,1 \cdot \frac{100 \cdot S}{\sqrt{3} \cdot U_{cc} \cdot U_n}$$

Siendo:

S: Potencia del transformador (VA)

U_{cc} : Tensión de cortocircuito (4% por especificación de la compañía)

U_n : Tensión nominal en el lado de baja (420 V por especificación de la compañía).

Sustituyendo:

$$I_{cc} = 1,1 \cdot \frac{100 \cdot 400.000}{\sqrt{3} \cdot 4 \cdot 420} = 15,12 \text{ kA}$$

Por especificaciones técnicas de la compañía se debe emplear una sección de cable conductor de 240 mm². En este caso, se deben emplear dos cables conductores por fase de 240 mm² de sección de aluminio. El neutro únicamente dispondrá de un conductor también de 240 mm² de aluminio.

2.3.6 Comprobación por densidad de corriente

Una vez que se dispone de la corriente de cortocircuito en el secundario, se comprueba el cumplimiento de la densidad de corriente en el conductor, Para ello se emplea la Tabla 17: "Densidad de corriente de cortocircuito, en A/mm², para conductores de cobre" de la ITC-BT-07.

$$\delta = \frac{I_{cc}}{S} = \frac{15.121}{240} = 63 \frac{A}{mm^2} < 201 \frac{A}{mm^2}$$

Se comprueba que esta sección de cable no se ve comprometida ante fallo por cortocircuito.

2.3.7 Instalación de puesta a tierra

Para la exposición de los cálculos obtenidos se opta por el procedimiento que marca el MIE-RAT-13 para el proyecto de instalaciones de puesta a tierra. Además, se recurre al MT 2.11.33 para el cumplimiento de las especificaciones de diseño ya que la tensión nominal que se trata es menor a 30 kV.

2.3.7.1 Investigación de las características del suelo.

La resistividad óhmica del terreno varía en función de la época del año, por ello se contempla la opción más restrictiva en los cálculos. Además, la temperatura y humedad son más estables cuanto más profundo se encuentren.

Los factores a tener en cuenta para su determinación son: el tipo de suelo, humedad, composición química, temperatura, compactación y concentración de sales disueltas en la humedad.

Ya que no es posible para este proceso de cálculo una medición experimental, se estima un contenido de humedad en suelo del 20% con una temperatura media entre los 5°C y 10°C. En base a todo ello, la resistividad estimada del suelo es de 200 $\Omega \cdot m$.

Cabe destacar que el método apropiado para el cálculo de la resistividad del suelo es el método de Wenner. Consiste en colocar a 30 cm cuatro sondas equidistantes y alineadas. Se conecta un amperímetro a las dos sondas exteriores y un voltímetro a las interiores.

2.3.7.2 Datos de red de distribución

El centro de transformación se calcula teniendo en consideración que sus dimensiones en planta son de 7,5 x 2,5 m. Los datos necesarios para el cálculo son los siguientes:

- Tensión nominal de la línea: $U_n = 12 \text{ kV}$
- Resistividad del terreno: $\rho = 200 \Omega \cdot m$
- Características de actuación de las protecciones: $I'_{FT} \cdot t = 400$
- Número de centros de transformación conectados a través de pantallas: $N = 1$

2.3.7.3 Resistencia de tierra

Partiendo de las dimensiones del Centro de Transformación y considerando que el mallado debe colocarse por lo menos a un metro de distancia del mismo, el tipo de electrodo empleado es CPT-CT-A-(4,5x9)+8P2.

El diseño preliminar será de una sección de conductor de 50 mm² de cobre desnudo, que unirá 8 picas de 2 metros de longitud enterrados a 0,8 metros y separados a una distancia mínima de 1 metro respecto el Centro de Transformación.

Por otro lado, antes de poder calcular la corriente de defecto se muestran los valores de resistencia de tierra del Centro de Transformación y la relación entre la corriente del electrodo y la de defecto de puesta a tierra.

Los parámetros característicos del electrodo son:

$$K_r = 0,05719 \, \Omega / (\Omega \cdot m)$$

$$k_p = 0,00732 \, V / (A \cdot \Omega \cdot m)$$

$$k_c = 0,02749 \, V / (A \cdot \Omega \cdot m)$$

Resistencia de tierra del CdT (máximo 100 Ω):

$$R_T = k_r \cdot \rho = 0,05719 \cdot 200 = 11,44 \, \Omega$$

Resistencia de puesta a tierra de los cables subterráneos de Alta Tensión:

$$R_{pant} = \frac{\rho \cdot k_r}{N} = \frac{200 \cdot 0,05719}{1} = 11,44 \, \Omega$$

Resistencia total:

$$R_{TOT} = \frac{R_T \cdot R_{pant}}{R_T + R_{pant}} = \frac{11,44 \cdot 11,44}{11,44 + 11,44} = 5,72 \, \Omega$$

Relación entre la corriente del electrodo y la de defecto de puesta a tierra:

$$r_E = \frac{R_{TOT}}{R_T} = \frac{5,72}{11,44} = 0,5$$

2.3.7.4 Corrientes máximas de puesta a tierra en el Centro de Transformación

En el cálculo de las intensidades se considera el tipo de conexión del neutro a tierra, la resistencia del electrodo y de puesta a tierra de las pantallas de los cables subterráneos de Alta Tensión. En este caso, como solo se alimenta a un Centro de Transformación, se considera $N=1$.

Además, en la Tabla 5: “Intensidades máximas de puesta a tierra e impedancias equivalentes para cada nivel de tensión y tipo de puesta a tierra de la ST” de las recomendaciones de UNESA, se dispone de los valores normalizados de reactancia equivalente e intensidad máxima de defecto:

$$X_{LTH} = 4,5 \, \Omega \quad I_d = 1.863 \, A$$

Considerando la resistencia de protección del Centro de Transformación y la resistencia de las pantallas de los cables de Alta Tensión, se obtiene la siguiente expresión:

$$I'_d = \frac{1,1 \cdot U_n}{r_E \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{R_T^2 + \left(\frac{X_{LTH}}{r_E}\right)^2}} \quad (A)$$

Siendo:

U_n : Tensión de la red.

R_T : Resistencia de puesta a tierra de protección.

X_{LTH} : Reactancia equivalente de puesta a tierra.

r_E : Relación entre corriente que circula por el electrodo y la de defecto a tierra.

Sustituyendo valores:

$$I'_d = \frac{1,1 \cdot 12 \cdot 10^3}{0,5 \cdot \sqrt{3} \cdot \sqrt{11,44^2 + \left(\frac{4,5}{0,5}\right)^2}} = 1.047,14 \, A$$

Se cumple el requisito indispensable de que la corriente de defecto máxima en la instalación es menor que la que marca UNESA ($1.047,14 \, A < 1.863 \, A$).

2.3.7.5 Cumplimiento del requisito correspondiente a la tensión de contacto

A modo de protección por tensión de contacto en el exterior se dispone una acera perimetral alrededor del Centro de Transformación. Se dispondrá de un mallazo electrosoldado de 4 mm de diámetro mínimo, que se cubrirá con una capa de 20 cm de hormigón. El mallazo deberá conectarse a la puesta a tierra en dos puntos opuestos.

2.3.7.6 Tensiones de paso en el exterior de la instalación

Una vez se dispone del valor de la resistencia de puesta a tierra y la intensidad de defecto de la instalación real, UNESA establece necesario la verificación de la tensión de paso en el exterior e interior del centro de transformación.

Tensión de paso en el exterior:

$$U'_{pext} = k_p \cdot \rho \cdot r_E \cdot I'_d = 0,00732 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 1.047,14 = 766,51 \text{ V}$$

Tensión de paso en el acceso al centro de transformación:

$$U'_{p(acc)} = k_c \cdot \rho \cdot r_E \cdot I'_d = 0,02749 \cdot 200 \cdot 0,5 \cdot 1.047,14 = 2.878,59 \text{ V}$$

2.3.7.7 Tensión máxima aplicada a la persona

Con los dos pies en el terreno:

$$U'_{pa1} = \frac{U'_{pext}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 6 \cdot \rho}{Z_b}} = \frac{766,51}{1 + \frac{2 \cdot 2000 + 6 \cdot 200}{1000}} = 123,63 \text{ V}$$

Con un pie en el hormigón y otro en el terreno:

$$U'_{pa2} = \frac{U'_{p(acc)}}{1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho + 3 \cdot \rho^*}{Z_b}} = \frac{2.878,59}{1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000}{1000}} = 197,16 \text{ V}$$

2.3.7.8 Duración de la corriente de falta

A partir del valor calculado de la corriente máxima de defecto de la instalación, se obtiene el tiempo de actuación de las protecciones:

$$t = \frac{400}{I'_d} = \frac{400}{1047,14} = 0,38 \text{ s}$$

2.3.7.9 Tensiones máximas admisibles de paso y defecto

A partir de la Tabla 2. “Valores admisibles de la tensión de contacto aplicada U_{ca} en función de la duración de la corriente de falta t_f ” del Manual Técnico de Distribución, se obtiene una tensión de contacto $U_{ca}=310 \text{ V}$ para $t_f=0,4 \text{ s}$. Por tanto, la instalación cumple con el aislamiento de tensión de paso que establece el Reglamento Electrotécnico de Alta Tensión ya que:

$$U'_{pa1} = 123,63 \text{ V} < 310 \text{ V}$$

$$U'_{pa2} = 197,16 \text{ V} < 310 \text{ V}.$$

La tensión de paso aplicada entre los dos pies de una persona será diez veces mayor, es decir, $U_{pa}=3.100 \text{ V}$.

La tensión de paso exterior admisible en la instalación se calcula como:

$$U_p = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot (R_{a1} + R_{a2})}{Z_b} \right] \text{ (V)}$$

Siendo:

U_{pa} : Tensión de paso aplicada entre los dos pies de una persona.

R_{a1} : Resistencia de un zapato con suela aislante. Normalizado a 2000Ω .

R_{a2} : Resistencia a tierra del punto de contacto con el terreno ($3 \cdot \rho$).

Z_b : Impedancia del cuerpo humano. Normalizada a 1.000Ω .

Sustituyendo:

$$U_p = 3100 \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot (2000 + 3 \cdot 200)}{1000} \right] = 19,22 \text{ kV}$$

Se puede observar que la tensión de paso en la instalación es menor que la máxima que permite la normativa ($766,51 \text{ V} < 19.220 \text{ V}$).

Tensión admisible de paso en el acceso al centro de transformación:

$$U_{p(acc)} = U_{pa} \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot R_{a1} + 3 \cdot \rho_s + 3 \cdot \rho_s^*}{Z_b} \right] \quad (V)$$

Siendo:

R_{a1} : Resistencia de un zapato con suela aislante. Normalizado a $2000 \, \Omega$.

ρ_s : Resistividad del terreno.

ρ_s^* : Resistividad de la capa superficial.

Z_b : Impedancia del cuerpo humano. Normalizada a $1.000 \, \Omega$.

Sustituyendo:

$$U_{p(acc)} = 3100 \cdot \left[1 + \frac{2 \cdot 2000 + 3 \cdot 200 + 3 \cdot 3000}{1000} \right] = 45,26 \text{ kV}$$

Del mismo modo, se cumple que la tensión de paso en el acceso es menor que la máxima permitida con hormigón en la capa superficial ($2.878,59 \text{ V} < 45.260 \text{ V}$).

Cumplimiento del requisito de tensión de defecto que aparece en la instalación:

$$U'_d = R_{TOT} \cdot I'_d = 5,72 \cdot 1047,14 = 5.989,64 \text{ V}$$

Se obtiene una tensión de defecto menor que 10 kV por lo que el electrodo CPT-CT-A-(4,5x9)+8P2, cumple con el requisito establecido por UNESA.

2.3.7.10 Distancia entre el electrodo de puesta a tierra de protección y el de servicio

Considerando al electrodo de puesta a tierra de protección como una semiesfera, se obtiene la expresión:

$$U_1 = \frac{\rho \cdot I_d}{2 \cdot \pi \cdot D}$$

Siendo D la distancia en metros entre electrodos de protección y de servicio.

Considerando que la zona de Media Tensión tiene como condicionante que $U_1 \leq 1$ kV. Se obtiene una expresión genérica que delimita la distancia mínima a la que se deben disponer los electrodos. Por otro lado, el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión condiciona la distancia con el tipo de conexión de Baja Tensión.

Si bien, es válido emplear la siguiente expresión ya que se calcula la distancia entre electrodos en base a la instalación de Baja Tensión más restrictiva.

$$D \geq \frac{\rho \cdot I'_d}{2000 \cdot \pi}$$

Sustituyendo:

$$D \geq \frac{200 \cdot 1047,16}{2000 \cdot \pi} = 33,4 \text{ m}$$

2.3.7.11 Resistencia del neutro

Para el cálculo de los parámetros importantes de la tierra de servicio se vuelve a emplear las recomendaciones de UNESA.

Las características de la tierra de servicio son las siguientes:

- Identificación: 5/32
- Geometría: Picas alineadas
- Número de picas: 3
- Longitud entre picas: 2 m
- Profundidad de las picas: 0.5 m

Los parámetros según esta configuración de tierras son:

$$K_r = 0,135 \Omega / (\Omega \cdot \text{m})$$

$$k_c = 0,0252 \text{ V} / (\text{A} \cdot \Omega \cdot \text{m})$$

La resistencia del neutro no debe ser superior a $37 \, \Omega$. Por tanto, se comprueba dicho requisito:

$$R_n = k_r \cdot \rho = 0,135 \cdot 200 = 27 \, \Omega$$

2.4 INTENSIDADES DE LÍNEA

2.4.1 Método de cálculo

Para el dimensionamiento de los cables conductores se va a atender a la corriente máxima admisible que puede circular por un conductor de Baja Tensión.

La corriente nominal debe ser inferior a la máxima admitida para no incurrir en el daño de los aislamientos y posibles incendios de la instalación. Por tanto, se calcula la intensidad de diseño distinguiendo si el circuito es trifásico o monofásico.

Para circuitos monofásicos:

$$I_N = \frac{P}{U_N \cdot \cos(\theta)}$$

Para circuitos trifásicos:

$$I_N = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_N \cdot \cos(\theta)}$$

Siendo:

P: Potencia activa de la instalación.

U_N: Tensión nominal. 230 V para monofásico y 400 V para trifásico.

Cos(Θ): Factor de potencia de la instalación.

Una vez se dispone de la corriente nominal, se le aplican factores de corrección en función del tipo de instalación. En el caso de tratarse de una instalación subterránea se aplican los siguientes factores correctivos:

$$I_{adm} = I_N \cdot K_T \cdot K_R \cdot K_A \cdot K_P$$

Siendo:

I_N: Intensidad de diseño.

K_T: Factor de corrección por la temperatura.

K_R: Factor de corrección por resistividad térmica.

K_A: Factor de corrección por agrupamiento.

K_P: Factor de corrección por profundidad.

En este caso, por tratarse de cables enterrados en zanja en el interior de tubos el Reglamento establece en la ITC-BT-07 un factor de corrección de 0,9 para cuatro cables por tubo. El resto de los factores correctivos serán unitarios.

Los circuitos del interior de los edificios se realizan en conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes. Para el cálculo de las corrientes máximas considera un factor de utilización y de simultaneidad unidad, menos en el circuito de tomas de corriente que será menor. Esto permite una reducción de la corriente máxima que circula por el circuito y una reducción considerable de la sección del conductor.

2.4.2 Intensidades máximas

Se exponen las corrientes máximas admisibles en función del cuadro de protección del que parten para facilitar la comprensión:

CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN								
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	In (A)	k1	kp	Imáx (A)
C1	Edificio 1 Emergencia	49886,3	400	0,9	80,01	0,9	1	72,00
C2	Edificio 2 Emergencia	39305,7	400	0,9	63,04	0,9	1	56,73
C3	Edificio 2	53432	400	0,9	85,69	0,9	1	77,12
C4	Campo de Rugby	40104	400	0,9	64,32	0,9	1	57,89
C5	Campo de Fútbol	36793,6	400	0,9	59,01	0,9	1	53,11

Tabla 44: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CGBT

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2								
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	In (A)	Ku	Ks	Imáx (A)
C3.1	Freidora	15000	400	0,9	24,06	1	1	24,06
C3.2	Lavavajillas	3400	230	0,9	16,43	1	1	16,43
C3.3	Caldera	1500	230	0,9	7,25	1	1	7,25
C3.4	Fuerza 2 - Cocina	2620	230	0,9	12,66	1	1	12,66
C3.5	Tomas de corriente 1	36800	230	0,9	177,78	0,4	0,3	21,33
C3.6	Tomas de corriente 2	33120	230	0,9	160,00	0,4	0,3	19,20
C3.7	Tomas de corriente 3	33120	230	0,9	160,00	0,4	0,3	19,20

Tabla 45: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Edificio 2

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2 EMERGENCIA								
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	In (A)	Ku	Ks	Imáx (A)
C 2.1.1	Cuadro - Oficina	513,2	230	0,9	2,48	1	1	2,48
C 2.1.1.1	Derivación Oficina	222	230	0,9	1,07	1	1	1,07
C 2.1.2	Oficina - Zona Socios	291,2	230	0,9	1,41	1	1	1,41
C 2.1.2.1	Derivación Zona Socios	45,6	230	0,9	0,22	1	1	0,22
C 2.1.3	Zona Socios - Baños	245,6	230	0,9	1,19	1	1	1,19
C 2.1.3.1	Derivación Baños	45,6	230	0,9	0,22	1	1	0,22
C 2.1.4	Baño - Restaurante	200	230	0,9	0,97	1	1	0,97
C 2.2.1	Cuadro - Restaurante	400	230	0,9	1,93	1	1	1,93
C 2.2.2.1	Derivación Restaurante	160	230	0,9	0,77	1	1	0,77
C 2.2.2.1	Restaurante - Cocina	240	230	0,9	1,16	1	1	1,16
C2.3	Fuerza 1 - Barra	380	230	0,9	1,84	1	1	1,84
C2.4	Fuerza 2 - Barra	3310	230	0,9	15,99	1	1	15,99
C2.5	Fuerza 1 - Cocina	1170	230	0,9	5,65	1	1	5,65
C2.6	Fogones 1	15600	400	0,9	25,02	1	1	25,02
C2.7	Fogones 2	15600	400	0,9	25,02	1	1	25,02
C2.8.1	Cuadro - Derivaciones	132,5	230	0,9	0,64	1	1	0,64
C2.8.2	Derivación 1	89	230	0,9	0,43	1	1	0,43
C2.8.3	Derivación 2	43,5	230	0,9	0,21	1	1	0,21
C 2.9.1	Mando - Zona de tránsito	700	230	0,9	3,38	0,9	1,00	3,76
C 2.10.1	Cuadro - Entrada Complejo 1	1500	400	0,9	2,41	0,9	1,00	2,67
C 2.10.1.1	Entrada Complejo 1 - Luminaria 1	50	230	0,9	0,24	0,9	1,00	0,27
C 2.10.2	Entrada Complejo 1 - Aparcamiento 2	1450	400	0,9	2,33	0,9	1,00	2,58
C 2.10.2.1	Aparcamiento 2 - Luminaria 2	50	230	0,9	0,24	0,9	1,00	0,27
C 2.10.3	Aparcamiento 2 - 3	1400	400	0,9	2,25	0,9	1,00	2,49
C 2.10.3.1	Derivación en luminaria 3	350	230	0,9	1,69	1	1,00	1,69
C 2.10.4	Aparcamiento 3 - 5	1050	400	0,9	1,68	0,9	1,00	1,87
C 2.10.4.1	Derivación en luminaria 5	350	230	0,9	1,69	1	1,00	1,69

C 2.10.5	Aparcamiento 3 - 4	700	400	0,9	1,12	0,9	1,00	1,25
C 2.10.5.1	Derivación en luminaria 4	350	230	0,9	1,69	1	1,00	1,69
C 2.10.6	Aparcamiento 4 - 6	350	400	0,9	0,56	0,9	1,00	0,62
C 2.10.6.1	Derivación en luminaria 6	350	230	0,9	1,69	1	1,00	1,69

Tabla 46: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Edificio 2 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE FÚTBOL								
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	In (A)	k1	kp	Imáx (A)
C 5.1	Cuadro - PF1	18046,8	400	0,9	28,94	0,9	1,00	26,05
C 5.1.1	Fase R - Luminarias PF1	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.1.2	Fase S - Luminarias PF1	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.1.3	Fase T - Luminarias PF1	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.2	PF1 - PF2	9023,4	400	0,9	14,47	0,9	1,00	13,02
C 5.2.1	Fase R - Luminarias PF2	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.2.2	Fase S - Luminarias PF2	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.2.3	Fase T - Luminarias PF2	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.3	Cuadro - PF3	18046,8	400	0,9	28,94	0,9	1,00	26,05
C 5.3.1	Fase R - Luminarias PF3	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.3.2	Fase S - Luminarias PF3	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.3.3	Fase T - Luminarias PF3	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.4	PF3 - PF4	9023,4	400	0,9	14,47	0,9	1,00	13,02
C 5.4.1	Fase R - Luminarias PF4	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.4.2	Fase S - Luminarias PF4	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.4.3	Fase T - Luminarias PF4	3007,8	230	0,9	14,53	0,9	1,00	13,08
C 5.5	Mando - Pasillo entre campos	700	230	0,9	3,38	0,9	1,00	3,04

Tabla 47: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Campo de Fútbol

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 1 EMERGENCIA								
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	In (A)	Ku	Ks	Imáx (A)
C1.1.1	Cuadro - Almacén	916,8	230	0,9	4,43	1	1	4,43
C1.1.1.1	Derivación Almacén	112	230	0,9	0,54	1	1	0,54
C 1.1.2	Almacén - Vestuario 4	804,8	230	0,9	3,89	1	1	3,89
C1.1.2.1	Derivación Zona Común 4	100	230	0,9	0,48	1	1	0,48
C1.1.2.2	Derivación Duchas 4	86	230	0,9	0,42	1	1	0,42
C 1.1.3	Vestuario 4 - Baños 3 y 4	618,8	230	0,9	2,99	1	1	2,99
C 1.1.3.1	Derivación Baños 3 y 4	30,4	230	0,9	0,15	1	1	0,15
C 1.1.4	Baños 3 y 4 - Vestuario 3	588,4	230	0,9	2,84	1	1	2,84
C 1.1.4.1	Derivación Zona Común 3	100	230	0,9	0,48	1	1	0,48
C 1.1.4.2	Derivación Duchas 3	86	230	0,9	0,42	1	1	0,42
C 1.1.5	Vestuario 3 - Vestuario 2	402,4	230	0,9	1,94	1	1	1,94
C 1.1.5.1	Derivación Zona Común 2	100	230	0,9	0,48	1	1	0,48
C 1.1.5.2	Derivación Duchas 2	86	230	0,9	0,42	1	1	0,42
C 1.1.6	Vestuario 2 - Baños 1 y 2	216,4	230	0,9	1,05	1	1	1,05
C 1.1.6.1	Derivación Baños 1 y 2	30,4	230	0,9	0,15	1	1	0,15
C 1.1.7	Baños 1 y 2 - Vestuario 1	186	230	0,9	0,90	1	1	0,90
C 1.1.7.1	Derivación Zona Común 1	100	230	0,9	0,48	1	1	0,48
C 1.1.7.2	Derivación Duchas	86	230	0,9	0,42	1	1	0,42
C 1.2.1	Cuadro - Almacén	39440	230	0,9	190,53	0,4	0,3	22,86
C 1.2.2	Almacén - Vestuario 4	24720	230	0,9	119,42	0,4	0,3	14,33
C 1.2.2.1	Derivación Vestuario 4	6180	230	0,9	29,86	0,4	0,3	3,58
C 1.2.3	Vestuario 4 - Vestuario 3	18540	230	0,9	89,57	0,4	0,3	10,75
C 1.2.3.1	Derivación Vestuario 3 y 2	12360	230	0,9	59,71	0,4	0,3	7,17
C 1.2.4	Vestuario 3 - Vestuario 1	6180	230	0,9	29,86	0,4	0,3	3,58

C 1.3.1	Cuadro - Derivaciones	137,5	230	0,9	0,66	1	1	0,66
C 1.3.2	Derivación Fachada	62	230	0,9	0,30	1	1	0,30
C 1.3.3	Derivación Fachada y Emergencia	75,5	230	0,9	0,36	1	1	0,36
C 1.4	Caldera	30000	400	0,9	48,11	1	1	48,11

Tabla 48: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Edificio 1 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE RUGBY								
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	In (A)	k1	kp	Imáx (A)
C 4.1.1	Cuadro - PR1	20052	400	0,9	32,16	0,9	1,00	28,94
C 4.1.1.1	Fase R - Luminarias PR1	4010,4	230	0,9	19,37	1	1	19,37
C 4.1.1.2	Fase S - Luminarias PR1	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.1.1.3	Fase T - Luminarias PR1	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.1.2	PR1 - PR2	10026	400	0,9	16,08	0,9	1,00	14,47
C 4.1.2.1	Fase R - Luminarias PR2	4010,4	230	0,9	19,37	1	1	19,37
C 4.1.2.2	Fase S - Luminarias PR2	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.1.2.3	Fase T - Luminarias PR3	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.2.1	Cuadro - PR3	20052	400	0,9	32,16	0,9	1,00	28,94
C 4.2.1.1	Fase R - Luminarias PR3	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.2.1.2	Fase S - Luminarias PR3	4010,4	230	0,9	19,37	1	1	19,37
C 4.2.1.3	Fase T - Luminarias PR3	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.2.2	PR3 - PR4	10026	400	0,9	16,08	0,9	1	14,47
C 4.2.2.1	Fase R - Luminarias PR4	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.2.2.2	Fase S - Luminarias PR4	3007,8	230	0,9	14,53	1	1	14,53
C 4.2.2.3	Fase T - Luminarias PR4	4010,4	230	0,9	19,37	1	1	19,37

Tabla 49: Intensidades máximas admisibles de los circuitos del CS – Campo de Rugby

2.5 DIMENSIONAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

En este apartado se explica el proceso de cálculo de la sección de los conductores de la instalación y se muestran los resultados obtenidos.

2.5.1 Método de cálculo

En primer lugar, para el dimensionamiento de los conductores se distinguen los circuitos de fuerza y de alumbrado como paso previo.

Una vez se dispone de esta división, se procede al cálculo de la corriente máxima admisible por ese tramo. Para ello, es necesario distinguir entre circuitos trifásicos y monofásicos, como se ha comentado anteriormente.

Posteriormente, se aplica el criterio de la caída de tensión atendiendo a la caída máxima admisible que marca el reglamento. En este paso también se distingue entre circuito trifásico y monofásico.

Circuito trifásico:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos(\theta)}{S \cdot \delta}$$

Circuito monofásico:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos(\theta)}{S \cdot \delta}$$

Siendo:

L: Longitud del cable (metros)

I: Corriente máxima admisible (Amperios)

Cos(Θ): Factor de potencia de la instalación.

S: Sección del conductor (mm²)

δ: Conductividad del cable conductor (Cobre: 56, aluminio:35)

Esta expresión da lugar a la caída de tensión total que debe ser dividida entre la tensión nominal. De ese modo se obtiene la caída de tensión en valor porcentual.

Además, debe ser empleada para secciones menores o iguales a 120 mm² ya que el método de cálculo expuesto por el Ministerio de Ciencia y Tecnología contempla una reactancia nula para secciones de este tipo.

Para secciones superiores a 120 mm² se permite la aproximación de la reactancia en base a la siguiente tabla:

Sección (mm ²)	Reactancia inductiva
S=150	X=0,15·R
S=185	X=0,2·R
S=240	X=0,25·R

Tabla 50: Reactancia inductiva en función de la sección del conductor

Por tanto, la fórmula a emplear tendrá en cuenta la parte reactiva.

Circuito trifásico:

$$\Delta V = (R + X \cdot \tan \theta) \cdot \frac{P}{U}$$

Circuito monofásico:

$$\Delta V = 2 \cdot (R + X \cdot \tan \theta) \cdot \frac{P}{U}$$

Siendo:

R: Resistencia de la línea (Ω).

X: Reactancia de la línea (Ω).

P: Potencia transportada en la línea (W).

U: Tensión de línea (V).

θ: Ángulo de desfase

Finalmente, si la sección empleada cumple con la caída de tensión se acepta como válida, en caso contrario se incrementa la sección normalizada hasta que se garantice el cumplimiento de este criterio.

2.5.2 Secciones empleadas

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN											
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	Imáx (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	R (Ω)	X (Ω)	AV (V)	AV (%)
C 1	Edificio 1 Emergencia	49886,3	400	0,9	72,00	145	95	0,03	0	3,43	0,86
C 2	Edificio 2 Emergencia	39305,70	400	0,9	56,73	47	25	0,03	0	3,33	0,83
C 3	Edificio 2	53432	400	0,9	77,12	45	35	0,02	0	3,09	0,77
C 4	Campo de Rugby	40104	400	0,9	57,89	145	70	0,04	0	3,74	0,93
C 5	Campo de Fútbol	36793,6	400	0,9	53,11	145	70	0,04	0	3,43	0,86

Tabla 51: Sección de los conductores de los circuitos del CGBT

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 1 EMERGENCIA										
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	Imáx (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	AV	AV (%)	AVt (%)
C1.1.1	Cuadro - Almacén	916,8	230	0,9	4,43	11	2,50	0,63	0,27	1,13
C1.1.1.1	Derivación Almacén	112	230	0,9	0,54	7,5	2,50	0,05	0,02	1,15
C 1.1.2	Almacén - Vestuario 4	804,8	230	0,9	3,89	5,5	2,50	0,27	0,12	1,25
C1.1.2.1	Derivación Zona Común 4	100	230	0,9	0,48	8	2,50	0,05	0,02	1,27
C1.1.2.2	Derivación Duchas 4	86	230	0,9	0,42	16	2,50	0,09	0,04	1,29
C 1.1.3	Vestuario 4 - Baños 3 y 4	618,8	230	0,9	2,99	3,5	2,50	0,13	0,06	1,31
C 1.1.3.1	Derivación Baños 3 y 4	30,4	230	0,9	0,15	8	2,50	0,02	0,01	1,31
C 1.1.4	Baños 3 y 4 - Vestuario 3	588,4	230	0,9	2,84	2,5	2,50	0,09	0,04	1,35
C 1.1.4.1	Derivación Zona Común 3	100	230	0,9	0,48	8	2,50	0,05	0,02	1,37

C 1.1.4.2	Derivación Duchas 3	86	230	0,9	0,42	16	2,50	0,09	0,04	1,38
C 1.1.5	Vestuario 3 - Vestuario 2	402,4	230	0,9	1,94	5,5	2,50	0,14	0,06	1,41
C 1.1.5.1	Derivación Zona Común 2	100	230	0,9	0,48	8	2,50	0,05	0,02	1,43
C 1.1.5.2	Derivación Duchas 2	86	230	0,9	0,42	16	2,50	0,09	0,04	1,44
C 1.1.6	Vestuario 2 - Baños 1 y 2	216,4	230	0,9	1,05	3,5	2,50	0,05	0,02	1,43
C 1.1.6.1	Derivación Baños 1 y 2	30,4	230	0,9	0,15	8	2,50	0,02	0,01	1,43
C 1.1.7	Baños 1 y 2 - Vestuario 1	186	230	0,9	0,90	2,5	2,50	0,03	0,01	1,44
C 1.1.7.1	Derivación Zona Común 1	100	230	0,9	0,48	8	2,50	0,05	0,02	1,46
C 1.1.7.2	Derivación Duchas	86	230	0,9	0,42	16	2,50	0,09	0,04	1,48
C 1.2.1	Cuadro - Almacén	39440	230	0,9	22,86	3	4,00	0,55	0,24	1,10
C 1.2.2	Almacén - Vestuario 4	24720	230	0,9	14,33	9	4,00	1,04	0,45	1,55
C 1.2.2.1	Derivación Vestuario 4	6180	230	0,9	3,58	6,5	4,00	0,19	0,08	1,63
C 1.2.3	Vestuario 4 - Vestuario 3	18540	230	0,9	10,75	12,5	4,00	1,08	0,47	2,10
C 1.2.3.1	Derivación Vestuario 3 y 2	12360	230	0,9	7,17	6	4,00	0,35	0,15	2,25
C 1.2.4	Vestuario 3 - Vestuario 1	6180	230	0,9	3,58	15	4,00	0,43	0,19	2,44
C 1.3.1	Cuadro - Derivaciones	137,5	230	0,9	0,66	2	4,00	0,01	0,00	0,86
C 1.3.2	Derivación Fachada	62	230	0,9	0,30	23	1,50	0,15	0,06	0,93
C 1.3.3	Derivación Fachada y Emergencia	75,5	230	0,9	0,36	35	1,50	0,27	0,12	0,98
C 1.4	Caldera	30000	400	0,9	48,11	2	16	0,17	0,04	0,90

Tabla 52: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Edificio 1 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2										
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	Imáx (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	AV (V)	AV (%)	AVt (%)
C3.1	Freidora	15000	400	0,9	24,06	38	4	6,36	1,59	2,36
C3.2	Lavavajillas	3400	230	0,9	16,43	35	4	4,62	2,01	2,78
C3.3	Caldera	1500	230	0,9	7,25	50,5	4	2,94	1,28	2,05
C3.4	Fuerza 2 - Cocina	2620	230	0,9	12,66	40	4	4,07	1,77	2,54
C3.5	Tomas de corriente 1	11040	230	0,9	21,33	25,5	2,5	6,99	3,04	3,81
C3.6	Tomas de corriente 2	9936	230	0,9	19,20	37,5	2,5	9,26	4,02	4,80
C3.7	Tomas de corriente 3	9936	230	0,9	19,20	33	2,5	8,15	3,54	4,31

Tabla 53: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Edificio 2

SUBCUADRO EDIFICIO 2 EMERGENCIA										
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	Imáx (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	AV (V)	AV (%)	AVt (%)
C 2.1.1	Cuadro - Oficina	513,2	230	0,9	2,48	12,5	2,5	0,40	0,17	1,00
C 2.1.1.1	Derivación Oficina	222	230	0,9	1,07	11	2,5	0,15	0,07	1,07
C 2.1.2	Oficina - Zona Socios	291,2	230	0,9	1,41	6,5	2,5	0,12	0,05	1,06
C 2.1.2.1	Derivación Zona Socios	45,6	230	0,9	0,22	10	2,5	0,03	0,01	1,07
C 2.1.3	Zona Socios - Baños	245,6	230	0,9	1,19	4	2,5	0,06	0,03	1,08
C 2.1.3.1	Derivación Baños	45,6	230	0,9	0,22	11	2,5	0,03	0,01	1,10

C 2.1.4	Baño - Restaurante	200	230	0,9	0,97	51	2,5	0,63	0,28	1,37
C 2.2.1	Cuadro - Restaurante	400	230	0,9	1,93	11	2,5	0,27	0,12	0,95
C 2.2.2.1	Derivación Restaurante	160	230	0,9	0,77	45	2,5	0,45	0,19	1,14
C 2.2.2.1	Restaurante - Cocina	240	230	0,9	1,16	23	2,5	0,34	0,15	1,10
C2.3	Fuerza 1 - Barra	380	230	0,9	1,84	40	2,5	0,94	0,41	1,24
C2.4	Fuerza 2 - Barra	3310	230	0,9	15,99	36	2,5	7,40	3,22	4,05
C2.5	Fuerza 1 - Cocina	1170	230	0,9	5,65	47	1,5	5,69	2,48	3,31
C2.6	Fogones 1	15600	400	0,9	25,02	39	6	4,53	1,13	1,96
C2.7	Fogones 2	15600	400	0,9	25,02	41	6	4,76	1,19	2,02
C2.8.1	Cuadro - Derivaciones	132,5	230	0,9	0,64	2	4	0,01	0,00	0,84
C2.8.2	Derivación 1	89	230	0,9	0,43	26	2,5	0,14	0,06	0,90
C2.8.3	Derivación 2	43,5	230	0,9	0,21	32	2,5	0,09	0,04	0,87
C 2.9	Mando - Zona de tránsito	700	230	0,9	3,76	27	6	0,54	0,24	1,07
C 2.10.1	Cuadro - Entrada Complejo 1	1500	400	0,9	2,67	19	6	0,24	0,06	0,89
C 2.10.1.1	Entrada Complejo 1 - Luminaria 1	50	230	0,9	0,27	6	2,5	0,02	0,01	0,90
C 2.10.2	Entrada Complejo 1 - Aparcamiento 2	1450	400	0,9	2,58	11	6	0,13	0,03	0,92
C 2.10.2.1	Aparcamiento 2 - Luminaria 2	50	230	0,9	0,27	10	2,5	0,03	0,02	0,94
C 2.10.3	Aparcamiento 2 - 3	1400	400	0,9	2,49	12	6	0,14	0,03	0,96
C 2.10.3.1	Derivación en luminaria 3	350	230	0,9	1,69	12	2,5	0,26	0,11	1,07
C 2.10.4	Aparcamiento 3 - 5	1050	400	0,9	1,87	33	6	0,29	0,07	1,03
C 2.10.4.1	Derivación en luminaria 5	350	230	0,9	1,69	12	2,5	0,26	0,11	1,14
C 2.10.5	Aparcamiento 3 - 4	700	400	0,9	1,25	18	6	0,10	0,03	1,06
C 2.10.5.1	Derivación en luminaria 4	350	230	0,9	1,69	12	2,5	0,26	0,11	1,17
C 2.10.6	Aparcamiento 4 - 6	350	400	0,9	0,62	33	6	0,10	0,02	1,08
C 2.10.6.1	Derivación en luminaria 6	350	230	0,9	1,69	12	2,5	0,26	0,11	1,19

Tabla 54: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Edificio 2 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE FÚTBOL										
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	Imáx (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	AV (V)	AV (%)	AVt (%)
C 5.1.1	Cuadro - PF1	18046,8	400	0,9	26,05	40	10	2,90	0,73	1,58
C 5.1.1.1	Fase R - Luminarias PF1	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,25
C 5.1.1.2	Fase S - Luminarias PF1	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,25
C 5.1.1.3	Fase T - Luminarias PF1	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,25
C 5.1.2	PF1 - PF2	9023,4	400	0,9	13,02	50	10	1,81	0,45	2,04
C 5.1.2.1	Fase R - Luminarias PF2	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,71
C 5.1.2.2	Fase S - Luminarias PF2	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,71
C 5.1.2.3	Fase T - Luminarias PF2	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,71
C 5.2.1	Cuadro - PF3	18046,8	400	0,9	26,05	120	16	5,44	1,36	2,22
C 5.2.1.1	Fase R - Luminarias PF3	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,89
C 5.2.1.2	Fase S - Luminarias PF3	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,89
C 5.2.1.3	Fase T - Luminarias PF3	3007,8	230	0,9	13,08	22	6	1,54	0,67	2,89
C 5.2.2	PF3 - PF4	9023,4	400	0,9	13,02	50	16	1,13	0,28	2,50
C 5.2.2.1	Fase R - Luminarias PF4	3007,8	230	0,9	13,08	22	10	0,92	0,40	2,90
C 5.2.2.2	Fase S - Luminarias PF4	3007,8	230	0,9	13,08	22	10	0,92	0,40	2,90
C 5.2.2.3	Fase T - Luminarias PF4	3007,8	230	0,9	13,08	22	10	0,92	0,40	2,90
C 5.3	Mando - Pasillo entre campos	700	230	0,9	3,04	173	6	2,82	1,23	2,08

Tabla 55: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Campo de Fútbol

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE RUGBY										
Circuito	Descripción	Potencia (W)	Tensión nominal (V)	Factor de potencia	Imáx (A)	Longitud (m)	Sección (mm ²)	AV (V)	AV (%)	AVt (%)
C 4.1.1	Cuadro - PR1	20052	400	0,9	28,94	123	25	3,96	0,99	1,93
C 4.1.1.1	Fase R - Luminarias PR1	4010,4	230	0,9	19,37	22	6	2,28	0,99	2,92
C 4.1.1.2	Fase S - Luminarias PR1	3007,8	230	0,9	14,53	22	6	1,71	0,74	2,67
C 4.1.1.3	Fase T - Luminarias PR1	3007,8	230	0,9	14,53	22	6	1,71	0,74	2,67
C 4.1.2	PR1 - PR2	100026	400	0,9	14,47	65	16	1,64	0,41	2,33
C 4.1.2.1	Fase R - Luminarias PR2	4010,4	230	0,9	19,37	22	10	1,37	0,60	2,93
C 4.1.2.2	Fase S - Luminarias PR2	3007,8	230	0,9	14,53	22	10	1,03	0,45	2,78
C 4.1.2.3	Fase T - Luminarias PR2	3007,8	230	0,9	14,53	22	10	1,03	0,45	2,78
C 4.2.1	Cuadro - PR3	20052	400	0,9	28,94	71	25	2,29	0,57	1,51
C 4.2.1.1	Fase R - Luminarias PR3	3007,8	230	0,9	14,53	22	6	1,71	0,74	2,25
C 4.2.1.2	Fase S - Luminarias PR3	4010,4	230	0,9	19,37	22	6	2,28	0,99	2,50
C 4.2.1.3	Fase T - Luminarias PR3	3007,8	230	0,9	14,53	22	6	1,71	0,74	2,25
C 4.2.2	PR3 - PR4	10026	400	0,9	14,47	65	16	1,64	0,41	1,92
C 4.2.2.1	Fase R - Luminarias PR4	3007,8	230	0,9	14,53	22	10	1,03	0,45	2,36
C 4.2.2.2	Fase S - Luminarias PR4	3007,8	230	0,9	14,53	22	10	1,03	0,45	2,36
C 4.2.2.3	Fase T - Luminarias PR4	4010,4	230	0,9	19,37	22	10	1,37	0,60	2,51

Tabla 56: Sección de los conductores de los circuitos del CS – Campo de Rugby

2.6 DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN

Para poder calcular la corriente de cortocircuito en un punto concreto de la instalación es necesario conocer la resistencia eléctrica acumulada en ese punto. Para ello, se calcula la resistencia del sistema, del transformador y la de los conductores.

Una vez determinada se calcula la corriente de cortocircuito para poder emplear un dispositivo de corte que cumpla con dicho requerimiento.

2.6.1 Impedancia aguas arriba

La impedancia del sistema para un cliente de Alta Tensión, es decir, dispone de un transformador propio, es la siguiente:

$$Z_{AR} = X_{AR} = \frac{U_S^2}{S_{cc}}$$

Siendo:

Z_S : Impedancia del sistema ($m\Omega$)

U_S : Tensión nominal del secundario de transformación (V)

S_{cc} : Potencia de cortocircuito del sistema (kVA)

Sustituyendo:

$$Z_{AR} = X_{AR} = \frac{400^2}{350 \cdot 10^3} = 0,46 \text{ m}\Omega$$

Como se puede observar, únicamente se toma en cuenta el valor de la componente compleja.

2.6.2 Impedancia del transformador

Expresión de cálculo de la impedancia del transformador referida al secundario:

$$Z_T = \frac{U_{cc} \cdot U_S^2}{100 \cdot S_T}$$

Siendo:

Z_T : Impedancia del transformador ($m\Omega$)

U_{cc} : Tensión de cortocircuito (%)

U_S : Tensión nominal del secundario del transformador (V).

S_T : Potencia nominal del transformador (kVA)

Sustituyendo:

$$Z_T = \frac{4 \cdot 400^2}{100 \cdot 400} = 16 \text{ m}\Omega$$

Resistencia del transformador:

$$R_T = \frac{P_{CU} \cdot U_S^2}{1000 \cdot S_T^2}$$

Siendo:

R_T : Resistencia del transformador (Ω)

U_S : Tensión nominal del secundario del transformador (V)

S_T : Potencia nominal del transformador (kVA)

Sustituyendo:

$$R_T = \frac{1375 \cdot 400^2}{1000 \cdot 400^2} = 1,375 \text{ m}\Omega$$

Reactancia del transformador:

$$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{16^2 - 1,375^2} = 15,94 \text{ m}\Omega$$

2.6.3 Impedancia de los conductores

En este apartado únicamente se va a comentar el proceso de cálculo de la impedancia de los conductores, ya que en el siguiente apartado se presenta la corriente de cortocircuito para todos los elementos de la instalación junto con la resistencia del conductor.

La expresión de cálculo de la resistencia de un conductor es:

$$R_C = \frac{\rho_{cc} \cdot L_C}{S_C}$$

Siendo:

ρ_{cc} : Resistividad del material a la temperatura del cortocircuito ($\text{m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$). En este caso de $18 \text{ m}\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ para el cobre a 20°C por ser la más restrictiva.

L_C : Longitud del conductor (m)

S_C : Sección del conductor (mm^2)

Impedancia del cable conductor:

$$X_C = k \cdot L_C$$

Siendo k una constante dependiente del tipo de conductor. En este caso, su valor es de 0,12 por ser unipolar de cobre.

2.6.4 Intensidad de cortocircuito

Para determinar el poder de corte de los dispositivos que se van a emplear, se calcula la corriente máxima y mínima de cortocircuito.

La corriente máxima de cortocircuito (cortocircuito trifásico), determina el poder de los interruptores automáticos, el poder de cierre de la aparamenta y la sollicitación electrodinámica de los conductores y aparamenta.

Por otro lado, con la corriente mínima de cortocircuito (cortocircuito fase neutro), permite determinar la curva de disparo de los interruptores automáticos y fusibles.

En un sistema trifásico y monofásico, la corriente de cortocircuito se calcula por medio de la siguiente expresión:

$$I_{cc} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot Z_{TOTAL}} = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot (Z_{AR} + Z_T + Z_C)}$$

Siendo:

I_{cc} : Intensidad de cortocircuito (kA)

U_L : Tensión de línea (400 V para sistema trifásico y 230 V para monofásico)

Z_{TOTAL} : Impedancia acumulada en el circuito hasta ese punto (mΩ)

Además, la prolongación de este cortocircuito en el tiempo supondría un aumento de la temperatura, en caso de prolongarse en exceso, el cable se fundirá. Esto da lugar al cálculo del tiempo máximo que el conductor aguanta la corriente de cortocircuito mínima.

Suponiendo un proceso adiabático, la energía disipada en el cortocircuito debe ser equivalente a la absorbida por el cable, por tanto:

- Energía disipada en cortocircuito = $R \cdot I^2 \cdot t$
- Energía absorbida por el conductor = $C_e \cdot S \cdot L \cdot (T_{cc} - T_{rp})$

Siendo:

R: Resistencia del conductor (Ω).

I: Intensidad que circula por el circuito (A).

t: Duración del cortocircuito (s).

Ce: Calor específico por unidad de volumen del conductor.

Tcc: Temperatura de cortocircuito (250 °C).

Trp: Temperatura del conductor en régimen permanente (90 °C).

Igualando las expresiones:

$$\frac{L}{k \cdot S} = R \cdot I^2 \cdot t = C_e \cdot S \cdot L \cdot (T_{cc} - T_{rp})$$

Despejando, se obtiene:

$$t_{cc_{max}} = \left(\frac{K \cdot S}{I_{cc_{min}}} \right)^2$$

Siendo k una constante que varía en función del tipo de cable, en este caso, k=143 debido a que se emplea cable XLPE.

Este tiempo de cortocircuito máximo debe ser superior al tiempo de desconexión (0,1 s). En caso de no cumplirse debería aumentarse la sección del cable conductor.

En las siguientes tablas se expone la corriente de cortocircuito máxima y mínima, la resistencia de los conductores, la impedancia acumulada y el tiempo de cortocircuito máximo admisible para cada circuito.

CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCIÓN											
Entradas	Circuito	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Rc (mΩ)	Xc (mΩ)	Rtotal (mΩ)	Xtotal (mΩ)	Ztotal (mΩ)	Iccmin (kA)	Iccmax (kA)	tcc (s)
	Transformador - CGBT	240	2,5	0,19	0,30	1,56	16,70	16,773	13,77	15,12	6,21
	G. Electrónico - CGBT	50	6	2,16	0,72	3,54	17,12	17,481	13,21	13,21	0,29
Salidas	Edificio 1 Emergencia	95	145	27,47	17,40	28,85	33,80	44,44	5,20	13,77	6,83
	Edificio 2 Emergencia	25	47	33,84	5,64	35,22	22,04	41,54	5,56	13,77	0,41
	Edificio 2	35	45	23,14	5,40	24,52	21,80	32,81	7,04	13,77	0,51
	Campo de Rugby	70	145	37,29	17,40	38,66	33,80	51,35	4,50	13,77	4,95
	Campo de Fútbol	70	145	37,29	17,40	38,66	33,80	51,35	4,50	13,77	4,95
	Batería condensadores	16	3	3,375	0,36	4,75	16,76	17,42	13,26	13,77	0,10
	Alumbrado CT	2,5	13	93,6	1,56	94,975	17,96	96,66	1,37	13,77	0,10

Tabla 57: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CGBT

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2											
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Rc (mΩ)	Xc (mΩ)	Rtotal (mΩ)	Xtotal (mΩ)	Ztotal (mΩ)	Iccmin (kA)	Iccmax (kA)	tcc (s)
C3.1	Freidora	4	38	171,00	4,56	195,52	26,36	197,29	1,17	7,04	0,24
C3.2	Lavavajillas	4	35	157,50	4,20	182,02	26,00	183,87	1,26	7,04	0,21
C3.3	Caldera	4	50,5	227,25	6,06	251,77	27,86	253,30	0,91	7,04	0,39
C3.4	Fuerza 2 - Cocina	4	40	180,00	4,80	204,52	26,60	206,24	0,64	7,04	0,79
C3.5	Tomas de corriente 1	2,5	25,5	183,60	3,06	208,12	24,86	209,60	0,63	7,04	0,32
C3.6	Tomas de corriente 2	2,5	37,5	270,00	4,50	294,52	26,30	295,69	0,45	7,04	0,63
C3.7	Tomas de corriente 3	2,5	33	237,60	3,96	262,12	25,76	263,38	0,50	7,04	0,50

Tabla 58: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Edificio 2

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 1 EMERGENCIA											
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Rc (mΩ)	Xc (mΩ)	Rtotal (mΩ)	Xtotal (mΩ)	Ztotal (mΩ)	Iccmin (kA)	Iccmax (kA)	tcc (s)
C1.1.1	Cuadro - Almacén	2,5	11	79,20	1,32	108,05	35,12	113,61	1,17	5,20	0,10
C1.1.1.1	Derivación Almacén	2,5	7,5	54,00	0,90	162,05	36,02	166,00	0,80	1,17	0,20
C 1.1.2	Almacén - Vestuario 4	2,5	5,5	39,60	0,66	147,65	35,78	151,92	0,87	1,17	0,17
C1.1.2.1	Derivación Zona Común 4	2,5	8	57,60	0,96	205,25	36,74	208,51	0,64	0,87	0,32
C1.1.2.2	Derivación Duchas 4	2,5	16	115,20	1,92	262,85	37,70	265,54	0,50	0,87	0,51
C 1.1.3	Vestuario 4 - Baños 3 y 4	2,5	3,5	25,20	0,42	172,85	36,20	176,60	0,75	0,87	0,23
C 1.1.3.1	Derivación Baños 3 y 4	2,5	8	57,60	0,96	230,45	37,16	233,43	0,57	0,75	0,39
C 1.1.4	Baños 3 y 4 - Vestuario 3	2,5	2,5	18,00	0,30	190,85	36,50	194,31	0,68	0,75	0,27
C 1.1.4.1	Derivación Zona Común 3	2,5	8	57,60	0,96	248,45	37,46	251,26	0,53	0,68	0,46
C 1.1.4.2	Derivación Duchas 3	2,5	16	115,20	1,92	306,05	38,42	308,45	0,43	0,68	0,69
C 1.1.5	Vestuario 3 - Vestuario 2	2,5	5,5	39,60	0,66	230,45	37,16	233,43	0,57	0,68	0,39
C 1.1.5.1	Derivación Zona Común 2	2,5	8	57,60	0,96	288,05	38,12	290,56	0,46	0,57	0,61
C 1.1.5.2	Derivación Duchas 2	2,5	16	115,20	1,92	345,65	39,08	347,85	0,38	0,57	0,88
C 1.1.6	Vestuario 2 - Baños 1 y 2	2,5	3,5	25,20	0,42	255,65	37,58	258,40	0,51	0,57	0,48
C 1.1.6.1	Derivación Baños 1 y 2	2,5	8	57,60	0,96	313,25	38,54	315,61	0,42	0,51	0,72
C 1.1.7	Baños 1 y 2 - Vestuario 1	2,5	2,5	18,00	0,30	273,65	37,88	276,26	0,48	0,51	0,55
C 1.1.7.1	Derivación Zona Común 1	2,5	8	57,60	0,96	331,25	38,84	333,52	0,40	0,48	0,81
C 1.1.7.2	Derivación Duchas	2,5	16	115,20	1,92	388,85	39,80	390,88	0,34	0,48	1,11
C 1.1	Mando - Edificio 1 Emergencia	-	-	-	-	-	-	-	0,34	5,20	-
C 1.2.1	Cuadro - Almacén	4,00	3	13,50	0,36	42,35	34,16	54,41	2,44	5,20	0,10
C 1.2.2	Almacén - Vestuario 4	4,00	9	40,50	1,08	82,85	35,24	90,03	1,47	2,44	0,15
C 1.2.2.1	Derivación Vestuario 4	4,00	6,5	29,25	0,78	112,10	36,02	117,74	1,13	1,47	0,26
C 1.2.3	Vestuario 4 - Vestuario 3	4,00	12,5	56,25	1,50	139,10	36,74	143,87	0,92	1,47	0,38
C 1.2.3.1	Derivación Vestuario 3 y 2	4,00	6	27,00	0,72	166,10	37,46	170,27	0,78	0,92	0,54
C 1.2.4	Vestuario 3 - Vestuario 1	4,00	15	67,50	1,80	206,60	38,54	210,16	0,63	0,92	0,82
C 1.2	Fuerza - Edificio 1	-	-	-	-	-	-	-	0,63	5,20	-
C 1.3.1	Cuadro - Derivaciones	4,0	2,0	9,00	0,24	37,85	34,04	50,90	2,61	5,20	0,10

C 1.3.2	Derivación Fachada	1,5	23,0	276,00	2,76	313,8	347,9	468,54	0,28	2,61	0,57
C 1.3.3	Derivación Fachada y Emergencia	1,5	35,0	420,00	4,20	457,8	38,2	459,44	0,29	2,61	0,55
C 1.3	Mando - Emergencia y Fachada	-	-	-	-	-	-	-	0,28	5,20	-
C 1.4	Caldera	16,0	2	2,25	0,24	31,10	34,04	46,11	5,01	5,20	0,21

Tabla 59: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Edificio 1 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE FÚTBOL											
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Rc (mΩ)	Xc (mΩ)	Rtotal (mΩ)	Xtotal (mΩ)	Ztotal (mΩ)	Iccmin (kA)	Iccmax (kA)	tcc (s)
C 5.1.1	Cuadro - PF1	10	40	72,00	4,80	110,66	38,60	117,20	1,97	4,50	0,53
C 5.1.2	PF1 - PF2	10	50	90,00	6,00	200,66	44,60	205,56	1,12	1,97	1,62
C 5.1.2.1	Derivación a luminarias PF2	6	22	66,00	2,64	266,66	47,24	270,81	0,49	1,12	3,06
C 5.1	Mando 1 - Campo de Fútbol	-	-	-	-	-	-	-	0,49	4,50	-
C 5.2.1	Cuadro - PF3	16	120	135,00	14,40	173,66	48,20	180,23	1,28	4,50	3,19
C 5.2.2	PF3 - PF4	16	50	56,25	6,00	229,91	54,20	236,21	0,98	1,28	5,48
C 5.2.2.3	Derivación a luminarias PF2	10	22	39,60	2,64	269,51	56,84	275,44	0,48	0,98	8,80
C 5.2	Mando 2 - Campo de Fútbol	-	-	-	-	-	-	-	0,48	4,50	-
C 5.3	Mando - Pasillo entre campos	6	173	519,00	20,76	557,66	54,56	560,32	0,24	4,50	13,11

Tabla 60: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Campo de Fútbol

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2 EMERGENCIA											
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Rc (mΩ)	Xc (mΩ)	Rtotal (mΩ)	Xtotal (mΩ)	Ztotal (mΩ)	Iccmin (kA)	Iccmax (kA)	tcc (s)
C 2.1.1	Cuadro - Oficina	2,5	12,5	90,00	1,50	125,22	23,54	127,41	1,04	5,56	0,12
C 2.1.1.1	Derivación Oficina	2,5	11	79,20	1,32	204,42	24,86	205,92	0,64	1,04	0,31
C 2.1.2	Oficina - Zona Socios	2,5	6,5	46,80	0,78	172,02	24,32	173,73	0,76	1,04	0,22
C 2.1.2.1	Derivación Zona Socios	2,5	10	72,00	1,20	244,02	25,52	245,35	0,54	0,76	0,44
C 2.1.3	Zona Socios - Baños	2,5	4	28,80	0,48	200,82	24,80	202,34	0,66	0,76	0,30
C 2.1.3.1	Derivación Baños	2,5	11	79,20	1,32	280,02	26,12	281,23	0,47	0,66	0,57
C 2.1.4	Baño - Restaurante	2,5	51	367,20	6,12	568,02	30,92	568,86	0,23	0,66	2,35
C 2.1	Mando 1 - Edificio 2	2,5	-	-	-	-	-	-	0,23	5,56	-
C 2.2.1	Cuadro - Restaurante	2,5	11	79,20	1,32	114,42	23,36	116,78	1,14	5,56	0,10
C 2.2.2.1	Derivación Restaurante	2,5	45	324,00	5,40	438,42	28,76	439,36	0,30	1,14	1,40
C 2.2.2.1	Restaurante - Cocina	2,5	23	165,60	2,76	280,02	26,12	281,23	0,47	1,14	0,57
C 2.2	Mando 2 - Edificio 2	2,5	-	-	-	-	-	-	0,30	5,56	-
C 2.3	Fuerza 1 - Barra	2,5	40	288,00	4,80	323,22	26,84	324,33	0,41	5,56	0,76
C 2.4	Fuerza 2 - Barra	2,5	36	259,20	4,32	294,42	26,36	295,59	0,45	5,56	0,63
C 2.5	Fuerza 1 - Cocina	1,5	47	564,00	5,64	599,22	27,68	599,85	0,22	5,56	0,94
C 2.6	Fogones 1	6	39	117,00	4,68	152,22	26,72	154,54	1,49	5,56	0,33
C 2.7	Fogones 2	6	41	123,00	4,92	158,22	26,96	160,50	1,44	5,56	0,36
C2.8.1	Cuadro - Derivaciones	4	2	9,00	0,24	44,22	22,28	49,51	2,68	5,56	0,10
C2.8.2	Derivación 1	2,5	26	187,20	3,12	231,42	25,40	232,80	0,57	2,68	0,39
C2.8.3	Derivación 2	2,5	32	230,40	3,84	274,62	26,12	275,85	0,48	2,68	0,55
C 2.8	Emergencia - Edificio 2	-	-	-	-	-	-	-	0,48	5,56	-
C 2.9	Mando - Zona de tránsito	6	27	81,00	3,24	116,22	25,28	118,93	1,12	5,56	0,59
C 2.10.1	Cuadro - Entrada Complejo 1	6	19	57	2,28	92,22	24,32	95,37	2,42	5,56	0,13
C 2.10.2	Entrada Complejo 1 - Aparcamiento 2	6	11	33	1,32	125,22	25,64	127,81	1,81	2,42	0,23
C 2.10.3	Aparcamiento 2 - 3	6	12	36	1,44	161,22	27,08	163,47	1,41	1,81	0,37
C 2.10.4	Aparcamiento 3 - 4	6	18	54	2,16	215,22	29,24	217,19	1,06	1,41	0,65
C 2.10.5	Aparcamiento 4 - 6	6	33	99	3,96	314,22	33,20	315,96	0,73	1,06	1,38

C 2.10.6	Derivación en luminaria 6	2,5	12	86,4	1,44	400,62	34,64	402,11	0,33	0,73	1,17
C 2.10	Mando - Entrada Complejo	-	-	-	-	-	-	-	0,33	5,56	-

Tabla 61: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Edificio 2 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE RUGBY											
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Longitud (m)	Rc (mΩ)	Xc (mΩ)	Rtotal (mΩ)	Xtotal (mΩ)	Ztotal (mΩ)	Iccmin (kA)	Iccmax (kA)	tcc (s)
C 4.1.1	Cuadro - PR1	25	123	88,56	14,76	127,22	48,56	136,17	1,70	4,50	4,44
C 4.1.2	PR1 - PR2	16	65	73,13	7,80	200,35	56,36	208,12	1,11	1,70	4,25
C 4.1.2.1	Derivación a luminarias PR2	6	22	66,00	2,64	266,35	59,00	272,80	0,49	1,11	3,11
C 4.1	Mando 1 - Campo de Rugby	-	-	-	-	-	-	-	0,49	4,50	-
C 4.2.1	Cuadro - PR3	25	71	51,12	8,52	47,18	42,32	63,38	3,64	4,50	0,96
C 4.2.2	PR3 - PR4	16	65	73,13	7,80	120,31	50,12	130,33	1,77	3,64	1,67
C 4.2.2.3	Derivación a luminarias PR4	10	22	39,60	2,64	159,91	52,76	168,38	0,79	1,77	3,29
C 4.2	Mando 2 - Campo de Rugby	-	-	-	-	-	-	-	0,79	4,50	-

Tabla 62: Intensidades de cortocircuito de los circuitos del CS – Campo de Rugby

2.7 SELECCIÓN DE DISPOSITIVOS DE CORTE

En primer lugar, conociendo las corrientes máximas admisibles que circula por cada circuito y la sección de los conductores, se calcula el calibre del dispositivo de corte. Debe cumplirse la siguiente restricción:

$$I_{\text{máx}} \leq \text{Calibre} \leq I_{\text{adm}}$$

Siendo:

$I_{\text{máx}}$: Corriente máxima que se da en el punto donde se coloca el dispositivo de corte (A).

I_{adm} : Corriente máxima admitida por el conductor en el punto donde se coloca el dispositivo de corte (A).

En segundo lugar, se atiende a la protección frente a sobrecargas:

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_{\text{adm}}$$

Siendo I_2 la intensidad que produce el disparo seguro del térmico para una sobrecarga de tiempo convencional.

En tercer lugar, el poder de corte se determina del siguiente modo:

$$I_{\text{ccmáx}} \leq PdC$$

$I_{\text{ccmáx}}$: Corriente de cortocircuito máxima donde se coloca el magnetotérmico.

PdC : Poder de Corte del magnetotérmico.

Finalmente, la curva de cada magnetotérmico se emplea para determinar la corriente de magnetización. Dicha corriente se calcula como:

Curva B: 5 x Calibre

Curva C: 10 x Calibre

Curva D: 20 x Calibre

La corriente de cortocircuito mínima que se da en cada línea deberá ser mayor o igual a la corriente de magnetización, previamente calculada.

A continuación, se muestra la comprobación de estos requisitos por cada uno de los magnetotérmicos empleados en cada cuadro secundario:

CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN								
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Imáx (A)	Calibre (A)	Iadm (A)	Curva	Imag (A)	Iccmin (A)
C 1	Edificio 1 Emergencia	95	72,00	80	335	C	800	5197
C 2	Edificio 2 Emergencia	25	56,73	63	160	C	630	5559
C 3	Edificio 2	35	77,12	80	190	C	800	7039
C 4	Campo de Rugby	70	57,89	63	280	C	630	4497
C 5	Campo de Fútbol	70	53,11	63	280	C	630	4497
C6	Batería de Condensadores	16	72,17	80	80	C	800	13257
C7	Alumbrado CT	2,5	0,61	3	21	C	30	1374
	G. Electrógeno - CGBT	50	144,34	160	180	C	1600	3871
	Transformador - CGBT	240	577,35	630	711	B	3150	3897

Tabla 63: Comprobación de los dispositivos de protección del CGBT

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2 EMERGENCIA								
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Imáx (A)	Calibre (A)	Iadm (A)	Curva	Imag (A)	Iccmin (A)
C 2.1	Mando 1 - Edificio 2	2,5	2,48	3	21	C	30	233
C 2.2	Mando 2 - Edificio 2	2,5	1,93	3	21	C	30	302
C 2.3	Fuerza 1 - Barra	2,5	1,84	3	21	C	30	409
C 2.4	Fuerza 2 - Barra	2,5	15,99	16	21	C	160	449
C 2.5	Fuerza 1 - Cocina	1,5	5,65	6	15	C	60	221
C 2.6	Fogones 1	6	25,02	32	36	C	320	1494
C 2.7	Fogones 2	6	25,02	32	36	C	320	1439
C 2.8	Emergencia - Edificio 2	4	0,64	3	27	C	30	481
C 2.9	Mando - Zona de tránsito	6	3,76	6	72	C	60	1117
C 2.10	Mando - Entrada Complejo	6	2,67	6	72	C	60	330

Tabla 64: Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Edificio 2 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 1 EMERGENCIA								
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Imáx (A)	Calibre (A)	Iadm (A)	Curva	Imag (A)	Iccmin (A)
C 1.1	Mando - Edificio 1 Emergencia	2,5	4,43	6	21	C	60	340
C 1.2	Fuerza - Edificio 1	4	22,86	25	27	C	250	632
C 1.3	Mando - Emergencia y Fachada	4	0,66	3	27	C	30	283
C 1.4	Caldera	16	48,11	50	66	C	500	5009

Tabla 65: Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Edificio 1 Emergencia

CUADRO SECUNDARIO - EDIFICIO 2								
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Imáx (A)	Calibre (A)	Iadm (A)	Curva	Imag (A)	Iccmin (A)
C 3.1	Freidora	4	24,06	25	27	C	250	1171
C 3.2	Lavavajillas	4	16,43	25	27	C	250	1256
C 3.3	Caldera	4	7,25	10	27	C	100	912
C 3.4	Fuerza 2 - Cocina	4	12,66	16	27	C	160	644
C 3.5	Tomas de corriente 1	2,5	21,33	25	21	C	250	634
C 3.6	Tomas de corriente 2	2,5	19,20	20	21	C	200	449
C 3.7	Tomas de corriente 3	2,5	19,20	20	21	C	200	504

Tabla 66 Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Edificio 2

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE FÚTBOL								
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Imáx (A)	Calibre (A)	Iadm (A)	Curva	Imag (A)	Iccmin (A)
C 5.1	Mando 1 - Campo de Fútbol	10	26,05	32	96	C	320	490
C 5.2	Mando 2 - Campo de Fútbol	16	26,05	32	125	C	320	482
C 5.3	Mando - Pasillo entre campos	6	3,04	10	72	C	100	237

Tabla 67 Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Campo de Fútbol

CUADRO SECUNDARIO - CAMPO DE RUGBY								
Circuito	Descripción	Sección (mm ²)	Imáx (A)	Calibre (A)	Iadm (A)	Curva	Imag (A)	Iccmin (A)
C 4.1	Mando 1 - Campo de Rugby	25	28,94	32	160	C	320	487
C 4.2	Mando 2 - Campo de Rugby	25	28,94	32	160	C	320	789

Tabla 68: Comprobación de los dispositivos de protección del CS – Campo de Rugby

2.8 COMPENSACIÓN DE LA POTENCIA REACTIVA

2.8.1 Potencia de la batería de condensadores

Para el cálculo de la potencia reactiva que dispone la instalación sin la incorporación de baterías de condensadores, se considera la corriente de baja del transformador y el factor de potencia.

Como gran parte de la potencia consumida en la instalación es alumbrado, el cual, dispone de un factor de potencia 0,9 por normativa y el del centro de transformación es superior a este último, se toma dicho valor como factor de potencia medio de la instalación.

El ángulo formado entre la potencia aparente y la activa será de 25,85°.

Por tanto, la potencia reactiva de la instalación sin compensar el factor de potencia es:

$$Q = \sqrt{3} \cdot U_s \cdot I_{baja} \cdot \text{sen}(\theta) = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 577,35 \cdot \text{sen}(25,85) = 174,3 \text{ kVAr}$$

Siendo:

U_s : Tensión del secundario del transformador (V).

I_{baja} : Intensidad de baja en el secundario del transformador (A).

θ : Desfase (°).

Potencia reactiva con factor de potencia de 0,95, es decir, un desfase de 18,2°:

$$Q_{compensada} = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 577,35 \cdot \text{sen}(18,2) = 124,93 \text{ kVAr}$$

Por tanto, la batería de condensadores debe reducir:

$$Q_{condensadores} = Q - Q_{compensada} = 174,3 - 124,9 = 49,4 \text{ kVAr}$$

Es decir, es necesaria una batería de condensadores de 50 kVAr.

2.8.2 Sección del cable de unión

Este apartado es tratado individualmente debido a que la fórmula empleada para el cálculo de la sección del cable es distinta. En este caso se trata potencia reactiva, no activa.

Dicha sección del cable de unión entre el CGBT y la batería de condensadores se calcula teniendo en cuenta la componente reactiva de la corriente.

Cálculo de la componente reactiva de la corriente:

$$I_{batería} = \frac{Q_{condensadores}}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \sin(90)} = \frac{50 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot \sin(90)} = 72,17 \text{ A}$$

Se utilizará cable XLPE de 0,6/1 kV, 3x16 mm², 16 mm² de cable de protección.

2.9 INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES

En esta sección se exponen los cálculos de energía producida por 35 paneles solares situados en el tejado del Edificio 2. Para el análisis se ha empleado un software que tiene en cuenta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y el Código Técnico de Edificación. Se toma como referencia la radiación aportada por JRC Photovoltaic Geographical Information System para el año 2020 (última referencia) en la localización del complejo deportivo.

Las fórmulas empleadas por el software son las siguientes:

$$E_p = \frac{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot P_{mp} \cdot PR}{G_{CEM}}$$

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

- $\beta \leq 15^\circ$:

$$FI = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{OPT})^2]$$

- $15^\circ < \beta < 90^\circ$:

$$FI = 1 - [1,2 \cdot 10^{-4} \cdot (\beta - \beta_{OPT})^2 + 3,5 \cdot 10^{-5} \cdot \alpha^2]$$

$$E_p = \sum E_{pn}$$

E_p	Energía producida
P_{mp}	Potencia nominal
$G_{dm}(0)$	Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano horizontal
$G_{dm}(\alpha, \beta)$	Valor medio mensual de la irradiación diaria sobre el plano del panel, en el que se han descontado las pérdidas por sombras
FI	Factor de irradiación para la orientación e inclinación elegidas
FS	Factor de sombra para el emplazamiento de los paneles ($1 - L_{som}$)
α	Orientación de los paneles respecto al Sur (0°)
β	Inclinación de los paneles respecto a su posición horizontal ($28,35^\circ$)
β_{opt}	Inclinación óptima de los paneles respecto a su posición horizontal

Periodo de diseño	β_{opt}
Invierno	f +10.00
Verano	f -20.00

f = Latitud del emplazamiento, en grados

K	Factor dependiente de la inclinación óptima de los paneles
---	--

Latitud 43°												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b _{opt}	1.46	1.33	1.20	1.10	1.05	1.03	1.05	1.11	1.25	1.46	1.62	1.59

Latitud 44°												
Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
b _{opt}	1.48	1.35	1.21	1.11	1.05	1.04	1.11	1.12	1.26	1.48	1.65	1.62

PR	Rendimiento energético
L _{cab}	Pérdidas de potencia en el cableado de corriente continua entre los paneles fotovoltaicos y la entrada del inversor, incluyendo las pérdidas en fusibles, conmutadores, conexiones, diodos antiparalelos en caso de que se dispongan, etc. (0.06)
L _{dis}	Pérdidas de potencia por dispersión de parámetros entre módulos (0.02)
L _{inv}	Pérdidas de potencia en el inversor (0.02)
L _{pol}	Pérdidas de potencia debidas al polvo y la suciedad sobre los módulos fotovoltaicos (0.03)
L _{ref}	Pérdidas de potencia por reflectancia angular espectral, cuando se utiliza un piranómetro como referencia de medidas. Si se utiliza una célula de tecnología equivalente (CTE), el término es cero. (0.03)
L _{tem}	Pérdidas medias por temperatura
L _{usu}	Otras pérdidas de potencia (0.00)

2.9.1 Energía producida

ENERO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	G _{dm(a,b)}	E _p
1	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
2	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
3	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
4	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
5	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
6	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
7	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
8	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
9	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
10	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
11	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
12	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
13	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
14	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
15	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
16	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
17	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
18	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día

ENERO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
20	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
21	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
22	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
23	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
24	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
25	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
26	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
27	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
28	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
29	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
30	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
31	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
32	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
33	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
34	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
35	0.92433	1.00000	2.45 kWh/m ² día	1060.00 Wh/día
				37100.02 Wh/día

Tabla 69: Energía producida por cada panel el mes de Enero

FEBRERO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
2	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
3	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
4	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
5	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
6	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
7	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
8	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
9	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
10	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
11	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
12	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
13	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
14	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
15	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
16	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
17	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
18	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día

FEBRERO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
20	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
21	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
22	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
23	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
24	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
25	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
26	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
27	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
28	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
29	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
30	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
31	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
32	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
33	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
34	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
35	0.92433	1.00000	3.18 kWh/m ² día	1356.73 Wh/día
				47485.47 Wh/día

Tabla 70: Energía producida por cada panel el mes de Febrero

MARZO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
2	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
3	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
4	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
5	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
6	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
7	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
8	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
9	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
10	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
11	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
12	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
13	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
14	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
15	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
16	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
17	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
18	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día

MARZO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
20	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
21	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
22	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
23	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
24	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
25	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
26	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
27	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
28	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
29	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
30	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
31	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
32	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
33	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
34	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
35	0.92433	1.00000	4.10 kWh/m ² día	1725.61 Wh/día
				60396.51 Wh/día

Tabla 71: Energía producida por cada panel el mes de Marzo

ABRIL				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
2	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
3	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
4	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
5	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
6	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
7	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
8	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
9	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
10	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
11	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
12	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
13	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
14	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
15	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
16	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
17	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
18	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día

ABRIL				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	G_{dm}(a,b)	E_p
19	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
20	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
21	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
22	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
23	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
24	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
25	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
26	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
27	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
28	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
29	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
30	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
31	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
32	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
33	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
34	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
35	0.99713	1.00000	4.85 kWh/m ² día	2025.80 Wh/día
				70903.09 Wh/día

Tabla 72: Energía producida por cada panel el mes de Abril

MAYO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	G_{dm}(a,b)	E_p
1	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
2	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
3	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
4	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
5	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
6	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
7	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
8	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
9	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
10	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
11	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
12	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
13	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
14	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
15	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
16	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
17	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
18	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día

MAYO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
20	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
21	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
22	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
23	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
24	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
25	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
26	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
27	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
28	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
29	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
30	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
31	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
32	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
33	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
34	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
35	0.99713	1.00000	6.34 kWh/m ² día	2572.13 Wh/día
				90024.68 Wh/día

Tabla 73: Energía producida por cada panel el mes de Mayo

JUNIO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
2	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
3	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
4	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
5	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
6	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
7	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
8	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
9	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
10	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
11	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
12	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
13	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
14	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
15	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
16	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
17	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
18	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día

JUNIO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
20	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
21	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
22	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
23	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
24	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
25	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
26	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
27	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
28	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
29	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
30	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
31	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
32	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
33	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
34	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
35	0.99713	1.00000	5.33 kWh/m ² día	2189.99 Wh/día
				76649.77 Wh/día

Tabla 74: Energía producida por cada panel el mes de Junio

JULIO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
2	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
3	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
4	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
5	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
6	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
7	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
8	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
9	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
10	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
11	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
12	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
13	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
14	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
15	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
16	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
17	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
18	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día

JULIO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
20	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
21	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
22	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
23	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
24	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
25	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
26	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
27	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
28	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
29	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
30	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
31	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
32	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
33	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
34	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
35	0.99713	1.00000	6.02 kWh/m ² día	2428.01 Wh/día
				84980.19 Wh/día

Tabla 75: Energía producida por cada panel el mes de Julio

AGOSTO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
2	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
3	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
4	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
5	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
6	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
7	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
8	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
9	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
10	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
11	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
12	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
13	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
14	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
15	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
16	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
17	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
18	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día

AGOSTO				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
20	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
21	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
22	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
23	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
24	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
25	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
26	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
27	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
28	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
29	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
30	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
31	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
32	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
33	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
34	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
35	0.99713	1.00000	5.41 kWh/m ² día	2191.65 Wh/día
				76707.65 Wh/día

Tabla 76: Energía producida por cada panel el mes de Agosto

SEPTIEMBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
2	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
3	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
4	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
5	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
6	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
7	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
8	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
9	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
10	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
11	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
12	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
13	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
14	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
15	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
16	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
17	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
18	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día

SEPTIEMBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
20	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
21	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
22	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
23	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
24	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
25	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
26	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
27	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
28	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
29	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
30	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
31	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
32	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
33	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
34	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
35	0.99713	1.00000	5.74 kWh/m ² día	2332.65 Wh/día
				81642.75 Wh/día

Tabla 77: Energía producida por cada panel el mes de Septiembre

OCTUBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
1	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
2	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
3	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
4	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
5	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
6	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
7	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
8	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
9	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
10	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
11	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
12	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
13	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
14	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
15	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
16	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
17	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
18	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día

OCTUBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
19	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
20	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
21	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
22	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
23	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
24	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
25	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
26	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
27	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
28	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
29	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
30	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
31	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
32	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
33	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
34	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
35	0.92433	1.00000	3.39 kWh/m ² día	1421.05 Wh/día
				49736.78 Wh/día

Tabla 78: Energía producida por cada panel el mes de Octubre

NOVIEMBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	EP
1	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
2	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
3	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
4	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
5	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
6	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
7	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
8	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
9	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
10	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
11	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
12	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
13	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
14	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
15	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
16	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
17	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
18	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
19	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
20	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
21	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día

NOVIEMBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	G _{dm(a,b)}	EP
22	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
23	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
24	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
25	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
26	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
27	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
28	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
29	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
30	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
31	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
32	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
33	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
34	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
35	0.92433	1.00000	3.23 kWh/m ² día	1367.95 Wh/día
				47878.34 Wh/día

Tabla 79: Energía producida por cada panel el mes de Noviembre

DICIEMBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	G _{dm(a,b)}	E _P
1	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
2	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
3	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
4	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
5	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
6	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
7	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
8	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
9	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
10	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
11	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
12	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
13	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
14	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
15	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
16	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
17	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
18	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
19	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
20	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
21	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
22	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
23	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día

DICIEMBRE				
Módulo fotovoltaico	FI	FS	$G_{dm}(a,b)$	E_p
24	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
25	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
26	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
27	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
28	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
29	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
30	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
31	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
32	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
33	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
34	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
35	0.92433	1.00000	1.84 kWh/m ² día	805.24 Wh/día
				28183.47 Wh/día

Tabla 80: Energía producida por cada panel el mes de Diciembre

2.9.2 Inversor

La potencia del inversor será como mínimo el 90.00 % de la potencia pico real del generador fotovoltaico.

$$P_g = \frac{E_{gTOTAL} \cdot G_{CEM}}{G_{dm}(\alpha, \beta) \cdot PR}$$

$$P_{min,INV} = \% \cdot P_g$$

Potencia mínima del inversor: 15750.00 W

Potencia del inversor: 60000.00 W ✓

La tensión de entrada al inversor se encuentra dentro del rango de tensiones admisibles del equipo.
(MPPT 1)

200.00 V < 536.90 V < 1100.00 V ✓

La tensión de entrada al inversor se encuentra dentro del rango de tensiones admisibles del equipo.
(MPPT 2)

$$200.00 \text{ V} < 268.45 \text{ V} < 1100.00 \text{ V} \quad \checkmark$$

La tensión de entrada al inversor se encuentra dentro del rango de tensiones admisibles del equipo.
(MPPT 3)

$$200.00 \text{ V} < 268.45 \text{ V} < 1100.00 \text{ V} \quad \checkmark$$

La tensión de entrada al inversor se encuentra dentro del rango de tensiones admisibles del equipo.
(MPPT 4)

$$200.00 \text{ V} < 268.45 \text{ V} < 1100.00 \text{ V} \quad \checkmark$$

La intensidad de entrada al inversor es inferior a la intensidad admisible del equipo. (MPPT 1)

$$13.04 \text{ A} < 33.00 \text{ A} \quad \checkmark$$

La intensidad de entrada al inversor es inferior a la intensidad admisible del equipo. (MPPT 2)

$$13.04 \text{ A} < 33.00 \text{ A} \quad \checkmark$$

La intensidad de entrada al inversor es inferior a la intensidad admisible del equipo. (MPPT 3)

$$13.04 \text{ A} < 33.00 \text{ A} \quad \checkmark$$

La intensidad de entrada al inversor es inferior a la intensidad admisible del equipo. (MPPT 4)

$$13.04 \text{ A} < 33.00 \text{ A} \quad \checkmark$$

3 PRESUPUESTO

ÍNDICE:

3	PRESUPUESTO.....	144
3.1	ILUMINACIÓN	146
3.2	DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN.....	147
3.3	PROTECCIONES DE BAJA TENSIÓN.....	152
3.4	COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA.....	155
3.5	COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA.....	155
3.6	MATERIAL COMPLEMENTARIO	156

3.1 ILUMINACIÓN

ALUMBRADO INTERIOR					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.1.1	Luminaria Philips Lighting RC342B LED28S/940 PSD W62L62 VPC PCS PIP Recessed	Ud.	4	277,25 €	1.109,00 €
3.1.2	LED ATOMANT Pack 10x Panel Downlight LED Redondo plano. 225mm, 20W. Color Blanco Frio (6500K). 1800 Lumenes. Driver incluido. Placa LED slim.	Ud.	2	58,07 €	116,14 €
3.1.3	Luminaria LED VARTON DL-Pro redonda empotrable 144x71 mm 20 W 3000 K IP65 diámetro del orificio de montaje 125-135 mm operación permanente autónoma de emergencia, V1-R0-00556-10A00-6502030	Ud.	20	115,21 €	2.304,20 €
3.1.4	Philips Panel LED Coreline RC132V G4 35W 4300lm - 830 - 840 CCT 60x60cm - UGR <19	Ud.	6	211,11 €	1.266,66 €
3.1.5	Sense Basic 300x600 White 2180lm 3000K	Ud.	18	84,96 €	1.529,28 €
3.1.6	Petridis LSPO_552_LED_86W_IP54_NEUTRAL_L1556mm	Ud.	4	64,38 €	257,52 €
3.1.7	Montaje de luminarias interiores	h	4	13,00 €/h	52,00 €
ALUMBRADO EXTERIOR					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.1.8	Heper AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70 (Poste y anclaje incluido)	Ud.	9	237,59 €	2.138,31 €
3.1.9	Lámpara LED VARTON exterior Uragan Urban 350 W 5000 K, V1-S1-H0703-40L30-6535050	Ud.	7	872,72 €	6.109,04 €
3.1.10	Mástil telescópico de 12 metros en 4 tramos (galvanizado)	Ud.	7	118,46 €	829,22 €
3.1.11	Olympic Threeline 1 OLP1000W BF 30	Ud.	76	1.760,33 €	133.785,08 €

3.1.12	Torre de iluminación de 22 metros de longitud para actividades deportivas con montaje incluido	Ud.	8	4.000,00 €	32.000,00 €
3.1.13	Unilamp mini skuna2 downlight	Ud.	6	10,99 €	65,94 €
3.1.14	Montaje de luminarias exteriores	h	20	13,00 €/h	260,00 €
ALUMBRADO DE EMERGENCIA					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.1.14	VTRS 12.0530.60/DALI 60°	Ud.	8	92,36 €	738,88 €
3.1.15	ER-Light w-recessed/oval, CC24, 1ERT-LED	Ud.	17	12,46 €	211,82 €
3.1.16	COBRA-G 1X2 TA 1 CR 5821111AWYU ES-SYSTEM	Ud.	2	8,22 €	16,44 €
3.1.17	Montaje de luminarias de emergencia	h	2	13,00 €/h	26,00 €
TOTAL ILUMINACIÓN				182.815,53 €	

3.2 DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

CONDUCTORES					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.2.1	Cable unipolar marrón 1x1,5 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	105	0,49 €	51,45 €
3.2.2	Cable unipolar azul 1x1,5 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	105	0,49 €	51,45 €
3.2.3	Cable unipolar amarillo-verde 1x1,5 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	105	0,49 €	51,45 €
3.2.4	Cable unipolar marrón 1x2,5 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	635	0,69 €	438,15 €
3.2.5	Cable unipolar azul 1x2,5 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	635	0,69 €	438,15 €

3.2.6	Cable unipolar amarillo-verde 1x2,5 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	635	0,69 €	438,15 €
3.2.7	Cable unipolar marrón 1x4 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	220	0,99 €	217,80 €
3.2.8	Cable unipolar negro 1x4 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	38	0,99 €	37,62 €
3.2.9	Cable unipolar gris 1x4 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	38	0,99 €	37,62 €
3.2.10	Cable unipolar azul 1x4 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	220	0,99 €	217,80 €
3.2.11	Cable unipolar amarillo-verde 1x4 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	220	0,99 €	217,80 €
3.2.12	Cable unipolar marrón 1x6 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	516	1,30 €	670,80 €
3.2.13	Cable unipolar negro 1x6 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	190	1,30 €	247,00 €
3.2.14	Cable unipolar gris 1x6 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	190	1,30 €	247,00 €
3.2.15	Cable unipolar azul 1x6 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	516	1,30 €	670,80 €
3.2.16	Cable unipolar amarillo-verde 1x6 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	190	1,30 €	247,00 €
3.2.17	Cable unipolar marrón 1x10 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	156	1,96 €	305,76 €
3.2.18	Cable unipolar negro 1x10 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	156	1,96 €	305,76 €
3.2.19	Cable unipolar gris 1x10 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	156	1,96 €	305,76 €
3.2.20	Cable unipolar azul 1x10 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	156	1,96 €	305,76 €

3.2.21	Cable unipolar amarillo-verde 1x10 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	66	1,96 €	129,36 €
3.2.22	Cable unipolar marrón 1x16 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	302	2,93 €	884,86 €
3.2.23	Cable unipolar negro 1x16 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	305	2,93 €	893,65 €
3.2.24	Cable unipolar gris 1x16 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	302	2,93 €	884,86 €
3.2.25	Cable unipolar azul 1x16 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	588	2,93 €	1.722,84 €
3.2.26	Cable unipolar amarillo-verde 1x16 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	910	2,93 €	2.666,30 €
3.2.27	Cable unipolar marrón 1x25 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	241	4,65 €	1.120,65 €
3.2.28	Cable unipolar negro 1x25 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	241	4,65 €	1.120,65 €
3.2.29	Cable unipolar gris 1x25 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	241	4,65 €	1.120,65 €
3.2.30	Cable unipolar marrón 1x35 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	45	6,16 €	277,20 €
3.2.31	Cable unipolar negro 1x35 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	45	6,16 €	277,20 €
3.2.32	Cable unipolar gris 1x35 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	45	6,16 €	277,20 €
3.2.33	Cable unipolar azul 1x35 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	290	6,16 €	1.786,40 €
3.2.34	Cable unipolar azul 1x50 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	145	8,74 €	1.267,30 €
3.2.35	Cable unipolar marrón 1x70 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	290	12,19 €	3.535,10 €

3.2.36	Cable unipolar negro 1x70 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	290	12,19 €	3.535,10 €
3.2.37	Cable unipolar gris 1x70 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	290	12,19 €	3.535,10 €
3.2.38	Cable unipolar marrón 1x95 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	145	15,90 €	2.305,50 €
3.2.39	Cable unipolar negro 1x95 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	145	15,90 €	2.305,50 €
3.2.40	Cable unipolar gris 1x95 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	145	15,90 €	2.305,50 €
3.2.41	Cable ALUMINIO CPR XZ1(S)AL 0,6/1KV 1x240mm² negro GENERAL CABLE. 20303258	m	18	6,95 €	125,10 €
CANALIZACIONES					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.2.42	Tubo corrugado de PVC LEXMAN 16mm 100m	Ud	2	13,50 €	27,00 €
3.2.43	Tubo corrugado de PVC LEXMAN 20mm 100m	Ud	7	13,50 €	94,50 €
3.2.44	Tubo corrugado de PVC LEXMAN 25mm 75m	Ud	6	13,45 €	80,70 €
3.2.45	Tubo corrugado de PVC LEXMAN 32mm 50m	Ud	2	21,49 €	42,98 €
3.2.46	Tubo corrugado PVC 40mm rollo 50m	Ud	1	40,99 €	40,99 €
3.2.47	Tubo corrugado PVC 50mm rollo 25m	Ud	14	23,29 €	326,06 €
3.2.48	Tubo corrugado PVC 75mm rollo 50m	Ud	8	71,99 €	575,92 €
3.2.49	Tubo corrugado PVC 90mm rollo 50m	Ud	6	86,99 €	521,94 €
3.2.50	Tubo corrugado doble pared PE 125mm	m	290	2,30 €	667,00 €
3.2.51	Tubo Transair 140 mm Urartu ST PVC 30 m	Ud	5	33,72 €	168,60 €
3.2.52	Caja Registro para empotrar. Marca: SOLERA. Dimensiones 160x100x45mm. Referencia: 363	Ud	32	3,63 €	116,16 €

3.2.53	Arqueta electrica estanca suelo 200X200 mm con tapa ciega gris IP67, para tubos de 50-75-90-110 mm de diámetro	Ud	24	16,95 €	406,80 €
3.2.54	Arqueta eléctrica estanca suelo electrica gris 300X300 mm con tapa ciega IP67, para tubos de 60-75-110--125-135-160 mm de diaémtro	Ud	13	26,75 €	347,75 €
3.2.55	Cinta de señalización subterránea de cables eléctricos 500m	Ud	3	61,53 €	184,59 €
3.2.56	Total montaje de canalizaciones y conductores	h	350	13,00 €/h	4.550,00 €
CUADROS DE DISTRIBUCIÓN					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.2.57	Cuadro eléctrico estanco de superficie COFRET KAEDRA Schneider IP65 12 Módulos por Fila (1x12). Dimensiones: 280x340x160mm . Referencia: 13981	Ud	1	55,31 €	55,31 €
3.2.58	Cuadro eléctrico estanco de superficie SOLERA IP54 16 Módulos por Fila (1x16). Dimensiones: 240x310x125mm. Referencia: 6888	Ud	1	94,43 €	94,43 €
3.2.59	Cuadro eléctrico estanco de superficie MINICOFRET KAEDRA IP65 Schneider 4 Módulos por Fila (1x4). Dimensiones: 200x123x112mm. Referencia: 13976	Ud	1	15,14 €	15,14 €
3.2.60	Cuadro eléctrico estanco de superficie MINICOFRET KAEDRA IP65 Schneider 6 Módulos por Fila (1x6). Dimensiones: 200x159x112mm. Referencia: 13977	Ud	2	19,30 €	38,60 €

3.2.61	Montaje de cuadros de distribución con sus respectivas protecciones magnetotérmicas y diferenciales	h	15	13,00 €/h	120,00 €
OBRA CIVIL					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.2.62	Excavación de zanja de 0,7 m de anchura, 0,8 de profundidad y 45 m de largo para distribución subterránea de las líneas de enlace a los cuadros secundarios situados en los edificios	m3	25,2	10,00 €	252,00 €
3.2.63	Excavación de zanja de 0,7 m de anchura, 0,8 de profundidad y 750 m de largo para distribución subterránea de las líneas de enlace a los cuadros secundarios situados en los edificios y alumbrado exterior	m3	420	10,00 €	4.200,00 €
TOTAL DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN				50.505,57 €	

3.3 PROTECCIONES DE BAJA TENSIÓN

PROTECCIÓN MAGNETOTÉRMICA					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.3.1	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 63A 4P SCHNEIDER Referencia:A9F79463	Ud	3	89,90 €	269,70 €
3.3.2	Interruptor Automático Magnetotérmico 2P, 3A, Curva Tipo C, Poder de corte 15 kA M9F22203, Multi 9, Montaje en Carril DIN	Ud	5	34,82 €	174,10 €
3.3.3	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 16A 2P SCHNEIDER Referencia:A9F79216	Ud	2	14,40 €	28,80 €

3.3.4	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 2P 6A curva-C. Ref:A9F79206	Ud	3	16,06 €	48,18 €
3.3.5	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 4P 6A curva-C. Ref:A9F79406	Ud	1	37,51 €	37,51 €
3.3.6	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 10A 2P SCHNEIDER Referencia: A9F79210	Ud	2	13,90 €	27,80 €
3.3.7	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 16A 2P SCHNEIDER Referencia: A9F79216	Ud	2	14,40 €	28,80 €
3.3.8	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 25A 2P SCHNEIDER Referencia: A9F79225	Ud	3	23,32 €	69,96 €
3.3.9	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 25A 4P SCHNEIDER Referencia: A9F79425	Ud	1	49,91 €	49,91 €
3.3.10	Automático Magnetotérmico iC60N 32A 4P SCHNEIDER Referencia: A9F79432	Ud	6	37,90 €	227,40 €
3.3.11	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 50A 4P SCHNEIDER Referencia: A9F79450	Ud	1	132,04 €	132,04 €
3.3.12	Interruptor Automático Magnetotérmico iC60N 63A 4P SCHNEIDER Referencia: A9F79463	Ud	6	89,90 €	539,40 €
3.3.13	Interruptor Automático Magnetotérmico C120N 4P 80A curva- C. Ref.A9N18372	Ud	5	174,20 €	871,00 €

3.3.14	Interruptor Automático Magnetotérmico DPX3 160A 4P 160A 25kA. Referencia: 420057	Ud	1	696,63 €	696,63 €
PROTECCIÓN DIFERENCIAL					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.3.16	Interruptor Diferencial IID 4P 100A 300mA clase-AC Ref.A9R14491	Ud	1	120,94 €	120,94 €
3.3.17	Interruptor Diferencial IID 4P 80A 300mA clase-AC Ref.A9R14480	Ud	3	120,94 €	362,82 €
3.3.18	Interruptor Diferencial RCCB-IID 4P 63A 300mA clase-A-SI Ref.A9R3446	Ud	2	91,96 €	183,92 €
3.3.19	Interruptor Diferencial Siemens, 630A Tipo A, 4 Polos SENTRON. Referencia: 3VA9424-0RL30	Ud	1	2.099,34 €	2.099,34 €
3.3.20	Interruptor diferencial Siemens, 250A Tipo A, 4 Polos SENTRON. Referencia: 3VA9224-0RL30	Ud	1	1.736,98 €	1.736,98 €
3.3.21	Interruptor Diferencial IID 4P 80A 30mA clase-ASI Ref.A9R111480	Ud	1	214,78 €	214,78 €
3.3.22	Interruptor Diferencial RCCB-IID 4P 63A 30mA clase-A-SI Ref.A9R61463	Ud	5	110,11 €	550,55 €
3.3.23	Interruptor Diferencial IID 4P 40A 30mA clase-A Ref.A9R21440	Ud	1	84,70 €	84,70 €
3.3.24	Interruptor Diferencial RCCB-IID 4P 25A 30mA clase-A-SI. Ref.A9R61425	Ud	1	82,28 €	82,28 €
TOTAL PROTECCIÓN DE BAJA TENSIÓN				8.637,54 €	

3.4 COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA

Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.4.1	Banco de Condensadores VarSet Fix 50kvar con entrada superior BAT 400V 50Hz Ref.VLVFW1N03506AA	Ud	1	2.750,00 €	2.750,00 €
3.4.2	Montaje apartamentada de compensación de potencia reactiva	h	2	13,00 €/h	72,00 €
TOTAL PROTECCIÓN DE BAJA TENSIÓN				2.822,00 €	

3.5 COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA

Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.5.1	Panel Solar 500W Deep Blue 3.0 JA Solar Ref: 1002327	Ud	35	170,97 €	5.983,95 €
3.5.2	Inversor Trifásico de Conexión a Red Kostal PIKO CI 60. Ref: 3009825	Ud	1	4.814,78 €	4.814,78 €
3.5.3	Cartucho fusible NH G000 16A 500AC/250DC - Fusible HRC de bajo voltaje NH000 16A 3NA380	Ud	4	3,19 €	12,76 €
3.5.4	Cartucho fusible NH NH000 gG 500V 32A - Fusible HRC de bajo voltaje NH000 32A LNH0032M	Ud	1	3,97 €	3,97 €
3.5.5	Cable unipolar marrón 1x2,5 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	117,29	0,69 €	80,93 €
3.5.6	Tubo corrugado de PVC LEXMAN 20mm 100m	Ud	2	13,50 €	27,00 €
3.5.7	Mano de obra para instalación de paneles solares	h	55	13,00 €/h	715,00 €
TOTAL INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES				11.638,39 €	

3.6 MATERIAL COMPLEMENTARIO

MECANISMOS DE MANDO					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.6.1	Interruptor conmutador doble monoblock LIKA color blanco. Referencia: 82277535	Ud	9	4,08 €	36,72 €
3.6.2	Conmutador una tecla monoblock LIKA color blanco. Ref: 82277514	Ud	11	2,58 €	28,38 €
TOMAS DE CORRIENTE					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.6.3	Toma de corriente monoblock LIKA color blanco, monofásica 16 A. Sistema de seguridad infantil. Medidas: 82 x 42 mm. Referencia: 82277545	Ud	16	3,08 €	49,28 €
3.6.4	Toma de corriente doble de superficie LEXMAN, monofásica de 16 A. Medidas: 122 x 70 mm. Referencia: 82603343	Ud	12	4,79 €	57,48 €
3.6.5	Toma de corriente triple BSEES con panel de cristal, monofásica de 16 A. Medidas: 228 x 86 mm.	Ud	2	26,99 €	53,98 €
SISTEMA CONTRA INCENDIOS					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.6.6	Central convencional de detección de incendio Serie CCG de 2 Zonas Certificada conforme norma EN54-2 y EN54-4 Cofre metálico con frontal de plástico ABS Permite controlar detectores y pulsadores convencionales GOLMAR (máximo 32) Discrimina entre alarma de detector y alarma pulsador 2 salidas supervisadas para sirenas	Ud	1	144,57 €	144,57 €

3.6.7	Pulsador COFEM de alarma de detección de incendio convencional rearmable PUCAR	Ud	4	15,60 €	62,40 €
3.6.8	Detector de humo sensible al fuego, alarma, Sensor de seguridad para el hogar, GD-SA1201W	Ud	8	1,53 €	12,24 €
3.6.9	Cable H07Z1-K 100M 1,5 mm ² azul rollo 100 m	Ud	1	20,00 €	20,00 €
3.6.10	Montaje de conmutadores, tomas de corriente y sistema contra incendios	h	10	13,00 €/h	130,00 €
TOTAL MATERIAL COMPLEMENTARIO				595,05 €	

3.7 GRUPO ELECTRÓGENO

Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.7.1	Grupo electrógeno diésel HRFW-100 T5 de Himoina de 107 kVA, 89 kW de potencia máxima en servicio de emergencia. 1500 rpm/50 Hz 400/230 V.	Ud	1	16.989,61 €	16.989,61 €
3.7.2	Cuadro de control M5 con central electrónica CEM7 y parada de emergencia conmutada	Ud	1		
3.7.3	Cuadro de potencia con pletinas integradas en el interruptor	Ud	1		
3.7.4	Seguridad en bornera de salida (disparo de magnetotérmico y alarma en central)	Ud	1		
3.7.5	Protección diferencial regulable (tiempo y sensibilidad) de serie en M5 y AS5 con protección magnetotérmica	Ud	1		
3.7.6	Instalación eléctrica de toma de tierra, con conexión prevista para pica de tierra	Ud	1		

3.7.7	Cable unipolar negro 1x50 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	18	8,74 €	157,32 €
3.7.8	Cable unipolar azul 1x25 mm2 Libre halógenos RZ1-K (AS) 1KV	m	16	4,65 €	74,40 €
3.7.9	Tubo corrugado doble pared PE 110mm	m	6	1,91 €	11,46 €
3.7.10	Tubo corrugado PVC 90mm rollo 50m	Ud	1	86,99 €	86,99 €
3.7.11	Arqueta de Registro para Toma de Tierra con tapa 250x250x61mm. Marca: SOLERA Referencia: AR25256	Ud	1	15,37 €	15,37 €
3.7.12	Grapa para toma de tierra de pica de 14 mm de diámetro. Referencia: KU-1616 KLK	Ud	1	1,43 €	1,43 €
3.7.13	Montaje de grupo electrógeno y su respectiva aparamenta	h	20	13,00 €/h	260,00 €
TOTAL GRUPO ELECTRÓGENO					17.596,58 €

3.8 PUESTA A TIERRA

INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.8.1	5 X Pica para puesta a tierra 2000x14mm 100 Micras de espesor de cobre liso. Referencia: 2020140	Ud	4	15,86 €	63,44 €
3.8.2	Conductor de cobre desnudo de 35 mm2	m	135	7,91 €	1.067,85 €
3.8.3	Grapa para toma de tierra de pica de 14 mm de diámetro. Referencia: KU-1616 KLK	Ud	17	1,43 €	24,31 €
3.8.4	Arqueta de Registro para Toma de Tierra con tapa 250x250x61mm. Marca: SOLERA Referencia: AR25256	Ud	37	18,55 €	686,35 €

3.8.5	Puente prueba de tierra 153x110x63 Famatel	Ud	4	18,62 €	74,48 €
3.8.6	Mano de obra por conexión de puesta a tierra de los edificios y alumbrado exterior	h	20	13,00 €/h	260,00 €
OBRA CIVIL					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.8.7	Excavación de puesta a tierra de los edificios para colocación de electrodos y conductor de tierra	m3	54	10,00 €	540,00 €
TOTAL PUESTA A TIERRA				2.716,43 €	

3.9 CENTRO DE TRANSFORMACIÓN

OBRA CIVIL					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.9.1	Edificio de Transformación: pfs.62- 1t-h 24 kV.Edificio prefabricado constituido por una envolvente, de estructura monobloque, de hormigón armado, tipo pfs.62-1t-h 24 kV, de dimensiones generales aproximadas 7650 mm de largo por 2460 mm de fondo por 2840 mm (incluye solado) de alto. Incluye el edificio y todos sus elementos exteriores según CEI 622171-202, transporte, montaje y accesorios.	Ud	1	34.000,00 €	34.000,00 €
3.9.2	Movimiento de tierras para introducción del centro de transformación subterráneo en el terreno	m3	53	10,00 €	530,00 €

EQUIPO DE MEDIA TENSIÓN					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.9.3	cgmcosmos-l Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL, con las siguientes características: · Un = 12 Kv· In = 400 A · Icc = 16 kA / 40 kA · Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm · Mando: motorizado tipo BM	Ud	2	7.215,00 €	14.430,00 €
3.9.4	cgmcosmos-l Módulo metálico de corte y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: · Un = 12 kV · In = 400 A · Icc = 16 kA / 40 kA · Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm	Ud	1	4.625,00 €	4.625,00 €
3.9.5	cgmcosmos-rc Módulo metálico para protección del remonte de cables al embarrado general, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: · Un = 12 kV · Dimensiones: 365 mm / 735 mm / 1740 mm Se incluyen el montaje y conexión.	Ud	1	3.675,00 €	3.675,00 €
3.9.6	cgmcosmos-v Módulo metálico de corte en vacío y aislamiento íntegro en gas, preparado para una eventual inmersión, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: · Un = 12 kV · In = 400 A · Icc = 16 kA / 40 kA	Ud	1	10.425,00 €	10.425,00 €

	· Dimensiones: 480 mm / 850 mm / 1740 mm Mando (automático): manual RAV Relé de protección: ekor.rpg-2001B				
3.9.7	cgmcosmos-m Módulo metálico, conteniendo en su interior debidamente montados y conexicionados los aparatos y materiales adecuados, fabricado por ORMAZABAL con las siguientes características: · Un = 12 kV · Dimensiones: 800 mm / 1025 mm / 1740 mm	Ud	1	6.150,00 €	6.150,00 €
3.9.8	Puentes MT Transformador 1: Cables MT 12/20 kV Cables MT 12/20 kV del tipo HEPRZ1, unipolares, con conductores de sección y material 1x50 Al empleando 3 de 10 m de longitud, y terminaciones EUROMOLD de 24 kV del tipo enchufable acodada y modelo K158LR. En el otro extremo son del tipo cono difusor y modelo OTK 224.	Ud	1	950,00 €	950,00 €
3.9.9	Interconexión enchufable apantallada no accesible de la función de protección MT y de la función transformador mediante conjuntos de unión unipolares de aislamiento 36 kV ORMALINK de Ormazabal	Ud	1	950,00 €	950,00 €

EQUIPO DE POTENCIA					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.9.10	Transformador trifásico reductor de tensión marca ORMAZABAL, según las normas citadas en la Memoria con neutro accesible en el secundario, de potencia 400 kVA y refrigeración natural aceite, de tensión primaria 12 - 20 kV y tensión secundaria 420 V en vacío (B2), grupo de conexión Dyn11, de tensión de cortocircuito de 4% y regulación primaria de +/- 2,5%,+5%,+7,5%,+10%.	Ud	1	18.510,94 €	18.510,94 €
EQUIPO DE POTENCIA					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.9.11	Cuadros BT - B2 Transformador 1: Interruptor automático BT Cuadro de BT especialmente diseñado para esta aplicación con las siguientes características: Interruptor automático de 630 A. 8 Salidas Tensión nominal: 440 V Aislamiento: 10 kV Dimensiones: Alto: 1820 mm Ancho: 580 mm Fondo: 300 mm	Ud	1	4.500,00 €	4.500,00 €
3.9.12	Puentes BT - B2 Transformador 1: Puentes BT - B2 Transformador 1 Juego de puentes de cables de BT, de sección y material 0,6/1 kV tipo RZ1 de 1x240Al sin armadura, y todos los accesorios para la conexión, formados por un grupo de cables en la cantidad 3xfase +	Ud	1	1.050,00 €	1.050,00 €

	2xneutro de 3,0 m de longitud.				
3.9.13	Equipo de Medida de Energía: Equipo de medida Contador tarificador electrónico multifunción, registrador electrónico y regleta de verificación.	Ud	1	2.750,00 €	2.750,00 €
PUESTA A TIERRA					
Número	Concepto	Unidad	Cantidad	Precio Unitario	Total
3.9.14	Instalación exterior de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, debidamente montada y conexionada, empleando conductor de cobre desnudo.	Ud	1	1.275,00 €	1.275,00 €
3.9.15	Tierra de servicio o neutro del transformador. Instalación exterior realizada con cobre aislado con el mismo tipo de materiales que las tierras de protección. Características: · Geometría: Picas alineadas · Profundidad: 0,5 m · Número de picas: tres · Longitud de picas: 2 metros · Distancia entre picas: 3 metros	Ud	1	825,00 €	825,00 €
3.9.16	Malla electrosoldada gris. Cuadrícula: 50X50 mm. Diámetro:5 mm. Dimensiones totales 2000 X 1000 mm	Ud	4	21,71	86,84 €
3.9.17	Instalación de puesta a tierra de protección en el edificio de transformación, con el conductor de cobre desnudo, grapado a la pared, y conectado a los equipos de MT y demás aparataje de este edificio, así como una caja general de tierra de protección según las normas de la compañía suministradora	Ud	1	925,00 €	925,00 €

3.9.18	Instalación de puesta a tierra de servicio en el edificio de transformación, con el conductor de cobre aislado, grapado a la pared, y conectado al neutro de BT, así como una caja general de tierra de servicio según las normas de la compañía suministradora.	Ud	1	925,00 €	925,00 €
3.9.19	Equipo de Protección y Control: ekor.uct - Unidad Compacta de Telemando ekor.uct, que incluye ekor.ccp, y el cajón de control descritos en la memoria que incluyen el programa de control, el conexionado y las pruebas de funcionamiento.	Ud	1	8.500,00 €	8.500,00 €
3.9.20	Protección metálica para defensa del transformador. La defensa incluye una cerradura enclavada con la celda de protección del transformador correspondiente.	Ud	1	283,00 €	283,00 €
3.9.21	Equipo de operación que permite tanto la realización de maniobras con aislamiento suficiente para proteger al personal durante la operación, tanto de maniobras como de mantenimiento, compuesto por:	Ud	1	550,00 €	550,00 €
TOTAL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN				115.915,78 €	

RESUMEN DE PRESUPUESTO	
SUMINISTRO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO	
3.1.- ILUMINACIÓN	182.815,53 €
3.2.- DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN	50.505,57 €
3.3.- PROTECCIONES DE BAJA TENSIÓN	8.637,54 €
3.4.- COMPENSACIÓN DE POTENCIA REACTIVA	2.822,00 €
3.5.- INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES	11.638,39 €
3.6.- MATERIAL COMPLEMENTARIO	595,05 €
3.7.- GRUPO ELECTRÓGENO	17.596,58 €
3.8.- PUESTAS A TIERRA	2.716,43 €
3.9.- CENTRO DE TRANSFORMACIÓN	115.915,78 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	393.242,87 €
Gastos Generales (5%)	19.662,14 €
Beneficio Industrial (10%)	39.324,29 €
PRESUPUESTO DE CONTRATA	452.229,30 €
IVA (10%)	45.222,93 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	497.452,23 €

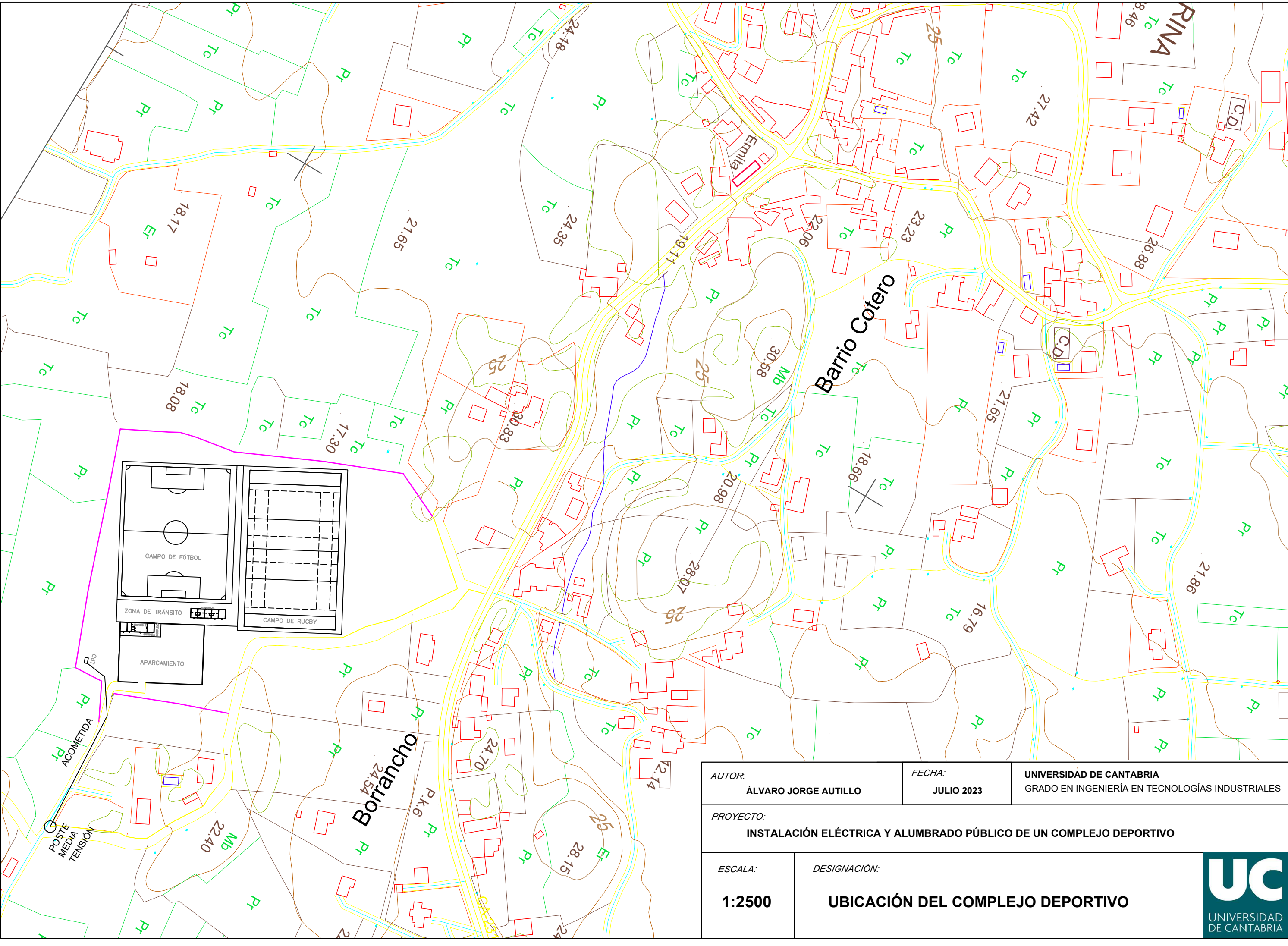
El total del presente proyecto asciende a la cantidad de 497.452,23 €.

Santander, Julio 2023

EL INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL

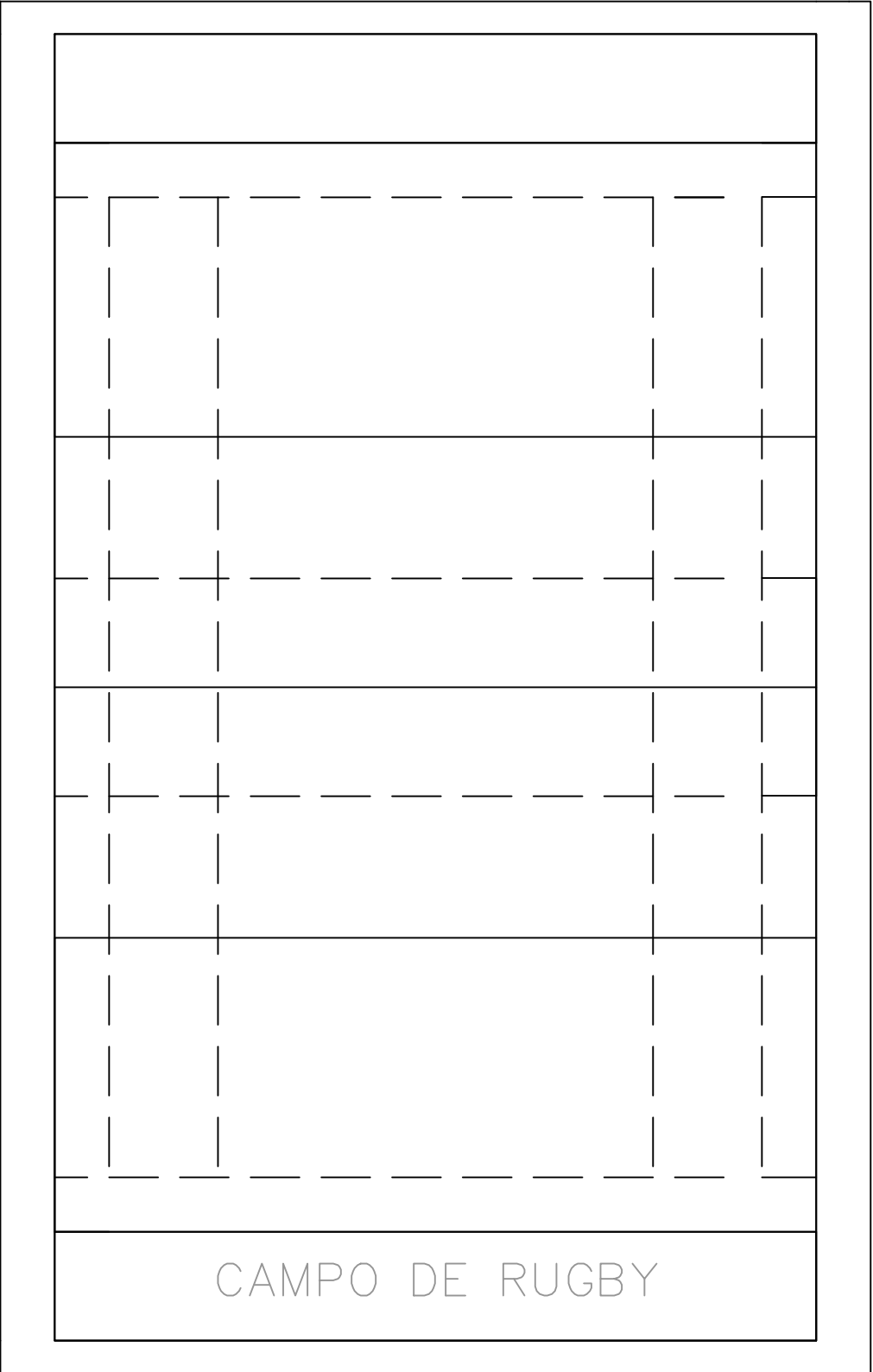
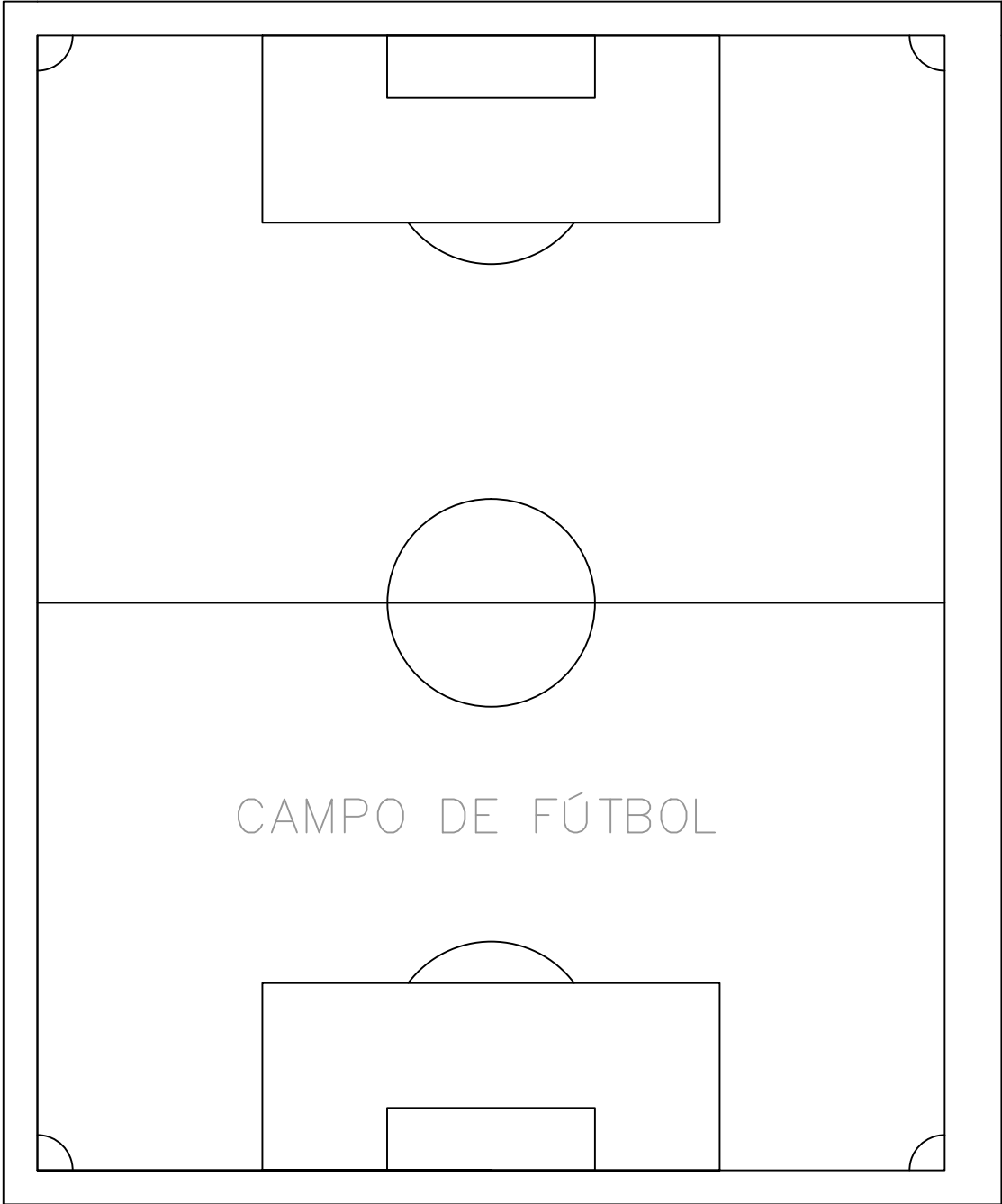
Fdo: ÁLVARO JORGE AUTILLO

4 PLANOS



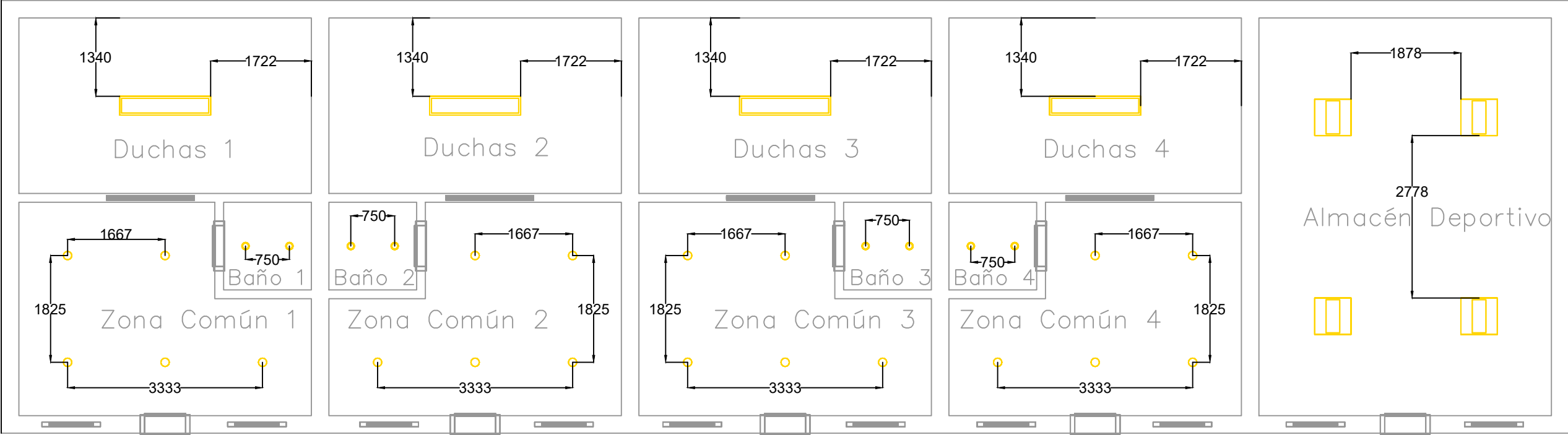
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:2500	DESIGNACIÓN: UBICACIÓN DEL COMPLEJO DEPORTIVO		





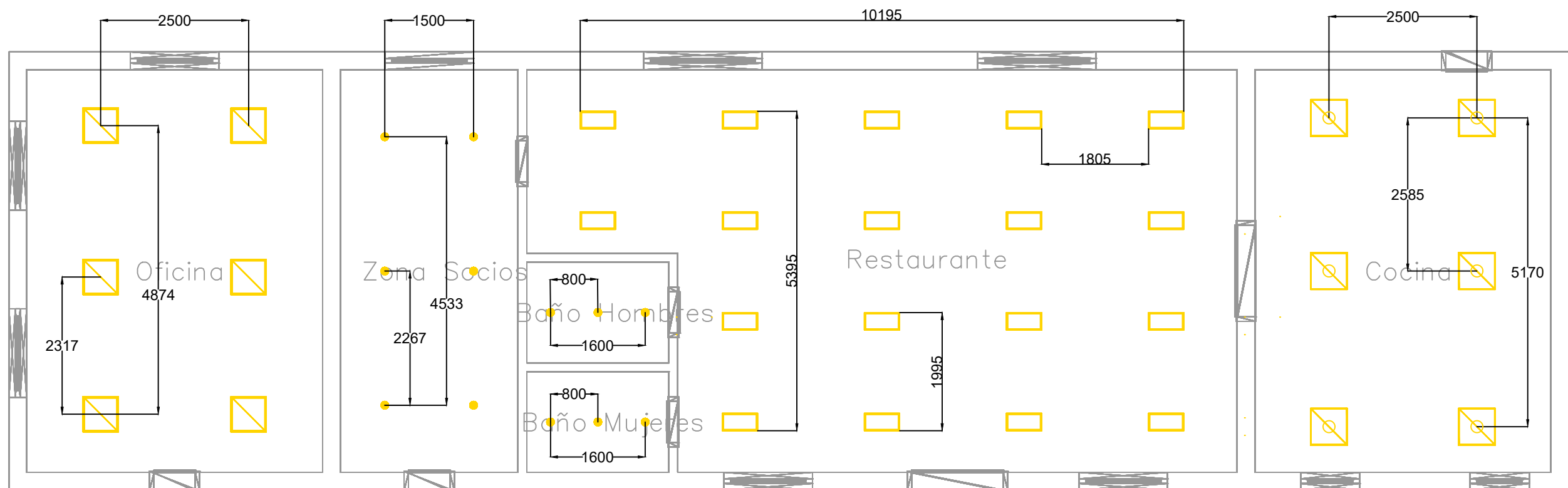
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:500	DESIGNACIÓN: COMPLEJO DEPORTIVO		





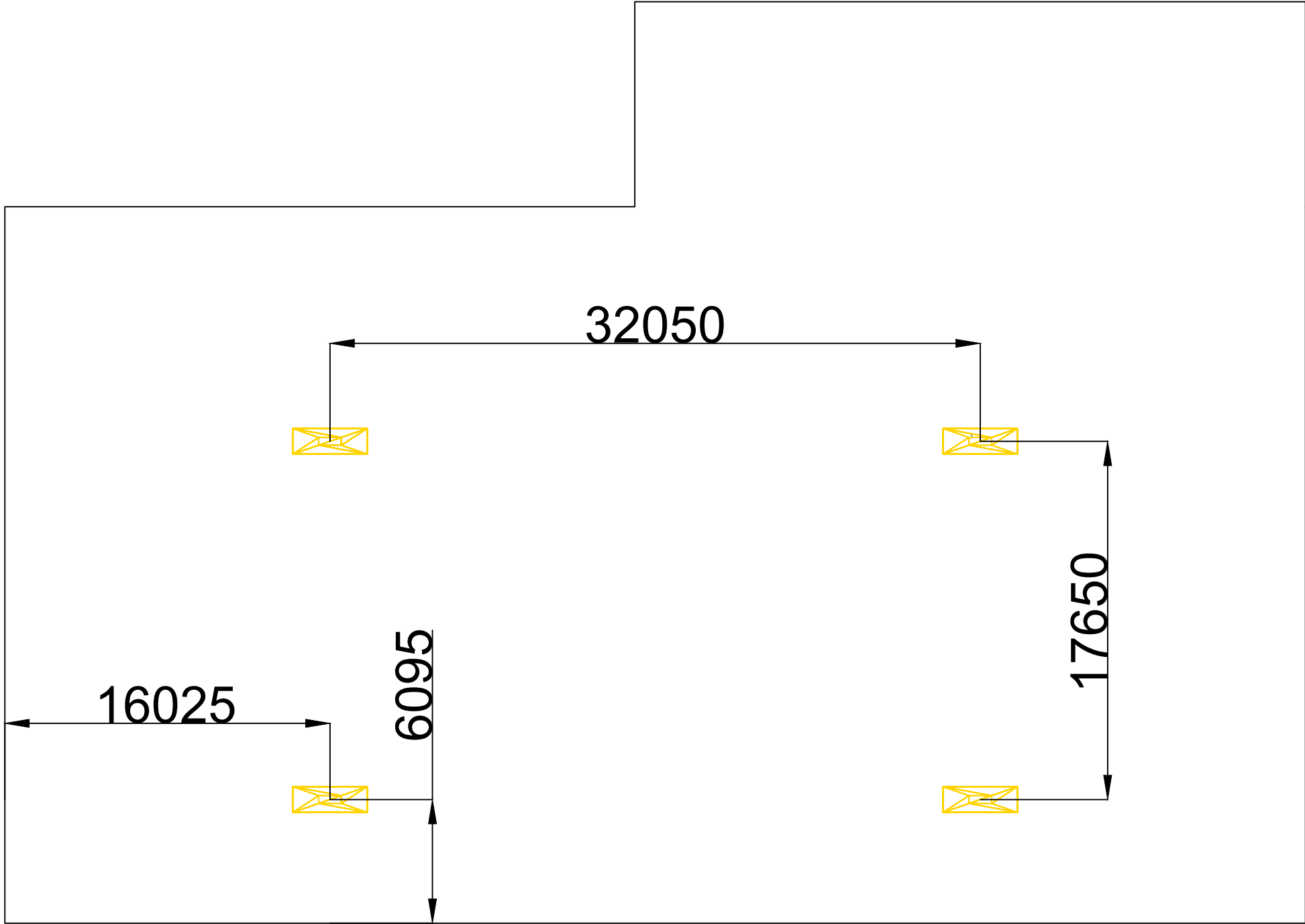
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LSPO_552_LED_86W_IP54_NEUTRAL_L1556mm
	V1-R0-00556-10A00-6502030 DL-Pro 20 W 20W 3000K EM 1h
	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N
	RC342B LED28S/940 MLO W62L62

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: LUMINARIAS EDIFICIO 1		



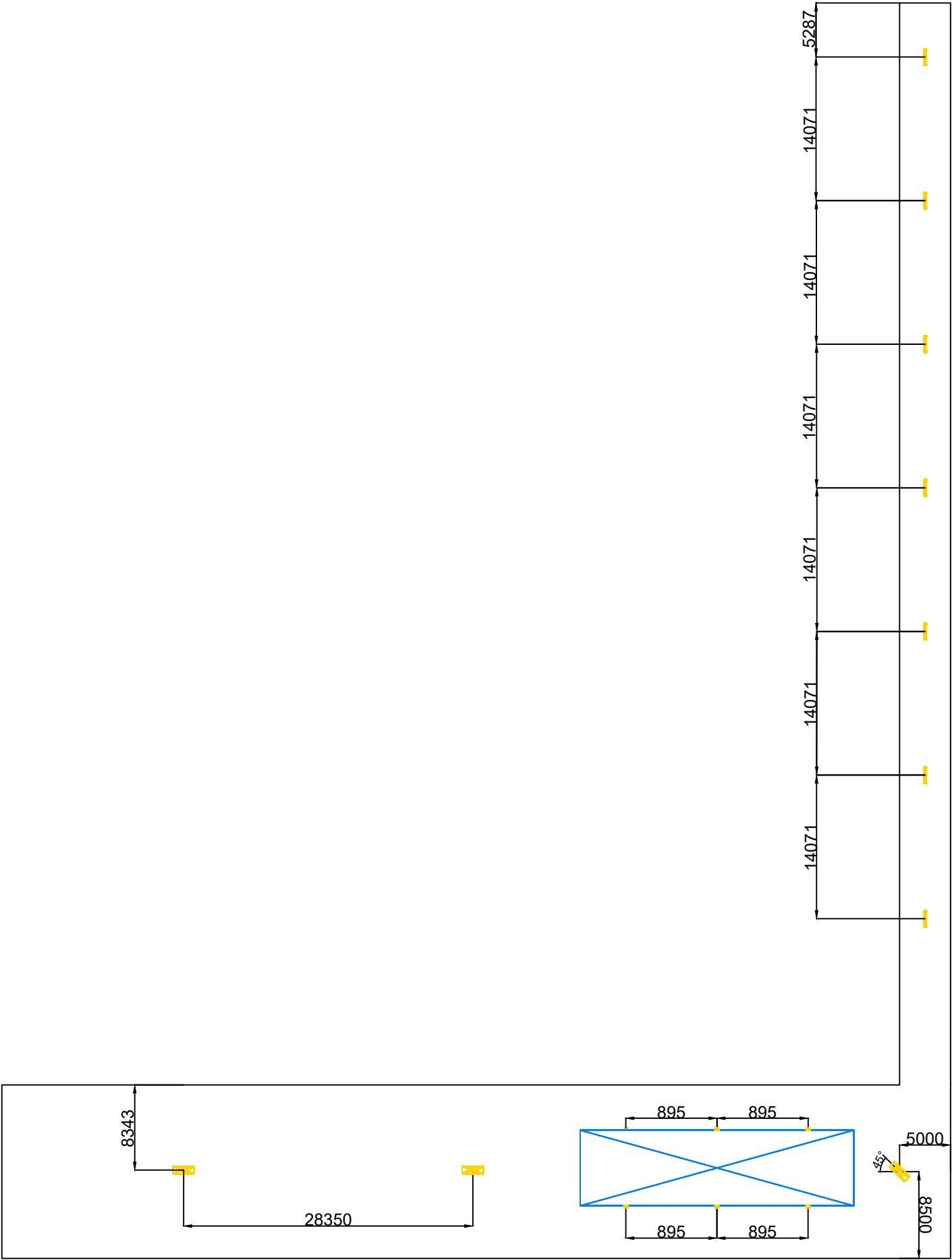
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	RC400B LED36S/840 OC W60L60 EL3
	ERD7526W_RX Fixed Downlight 409N
	RC402B LED42S/830 OC PSU W62L62
	RC132V W60L60 PSD 1 xLED43S/840 OC EL

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: LUMINARIAS EDIFICIO 2		



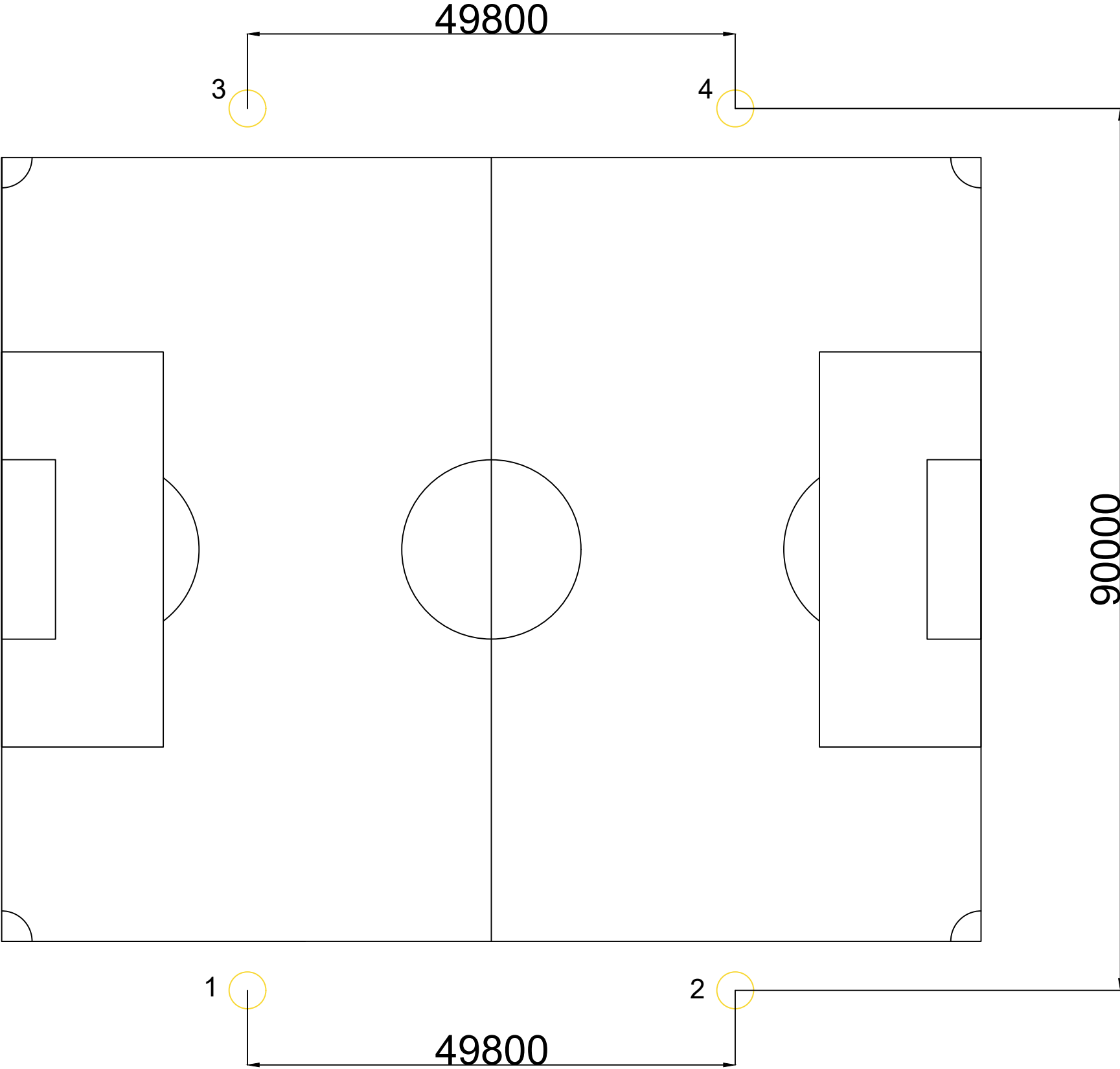
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	V1-S1-H0703-40L24-6535050 Uragan Parking 350W 5000K

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:250	DESIGNACIÓN: LUMINARIAS DEL APARCAMIENTO		



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70
	V1-S1-H0703-40L24-6535050 Uragan Parking 350W 5000K
	Mini SKUNA2 Downlight
	Edificio 1

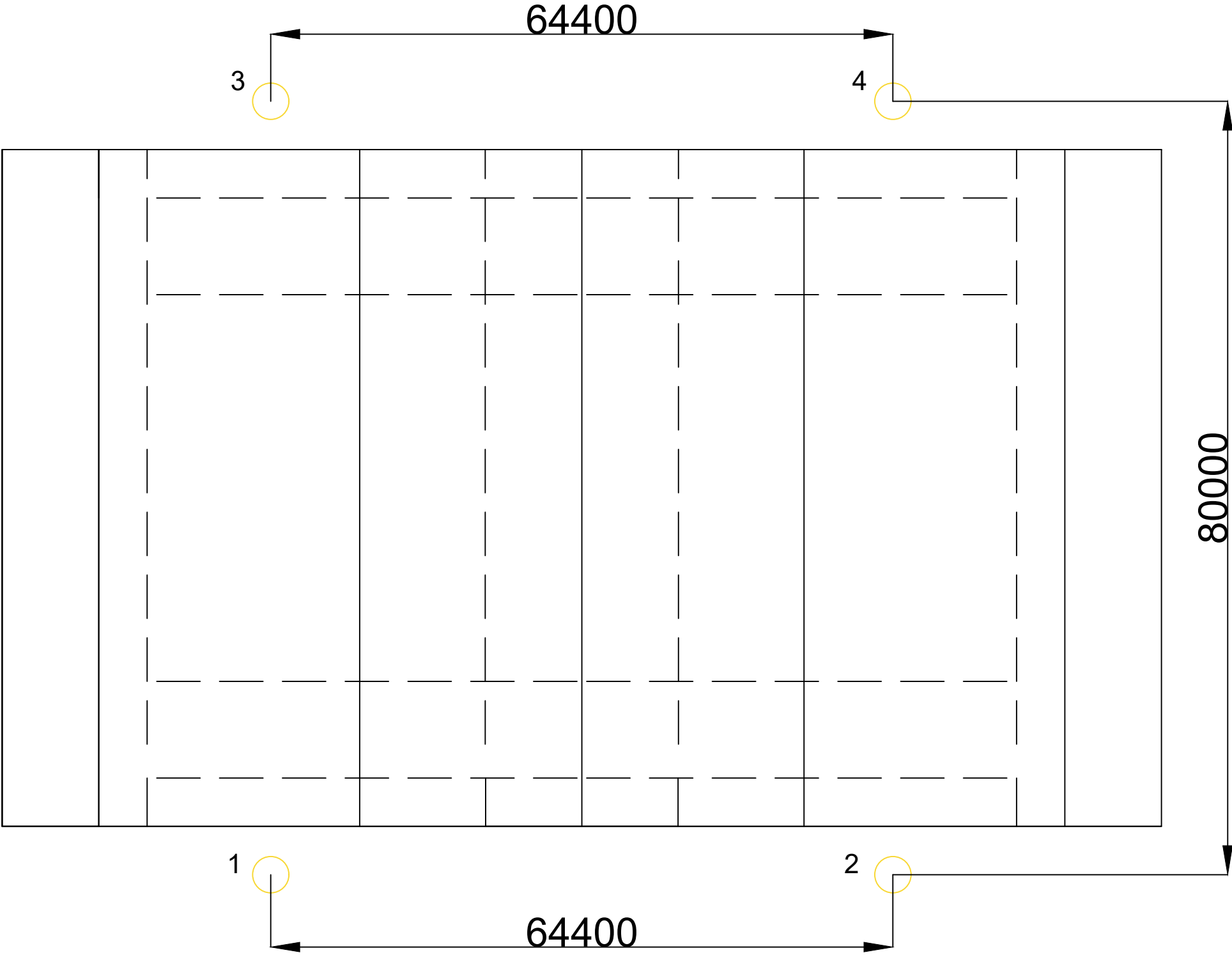
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:500	DESIGNACIÓN: LUMINARIAS ZONA DE TRÁNSITO Y PASILLO ENTRE CAMPOS		



LUMINARIA	ÁNGULO INCLINACIÓN
1	27 °
2	30,8 °
3	32,6 °
4	26,2 °

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	9X THREELINE 1 OLP1000W BF 30

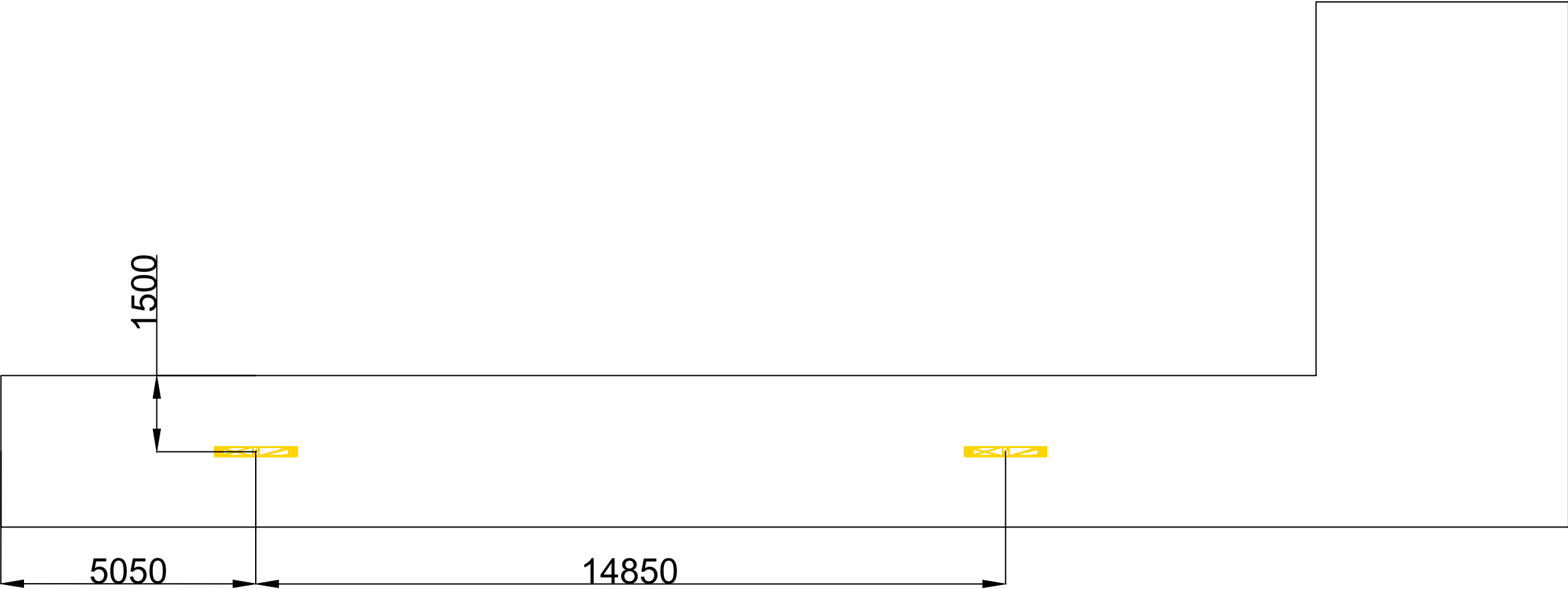
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:500	DESIGNACIÓN: LUMINARIAS CAMPO DE FÚTBOL		



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	10X THREELINE 1 OLP1000W BF 30

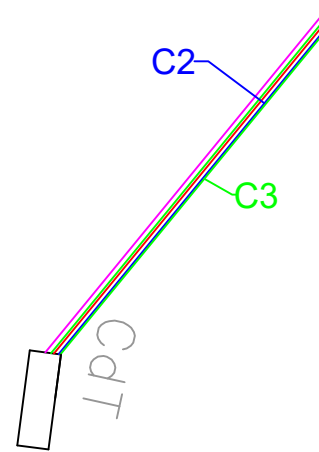
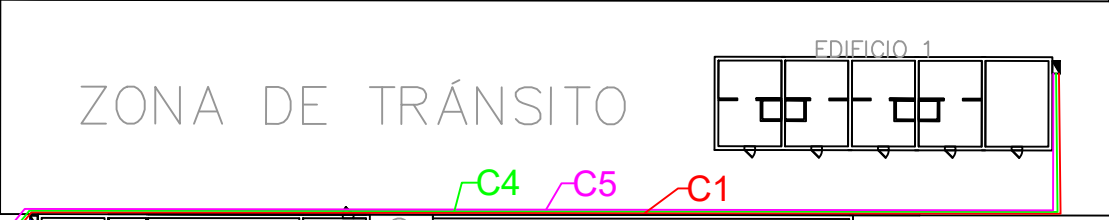
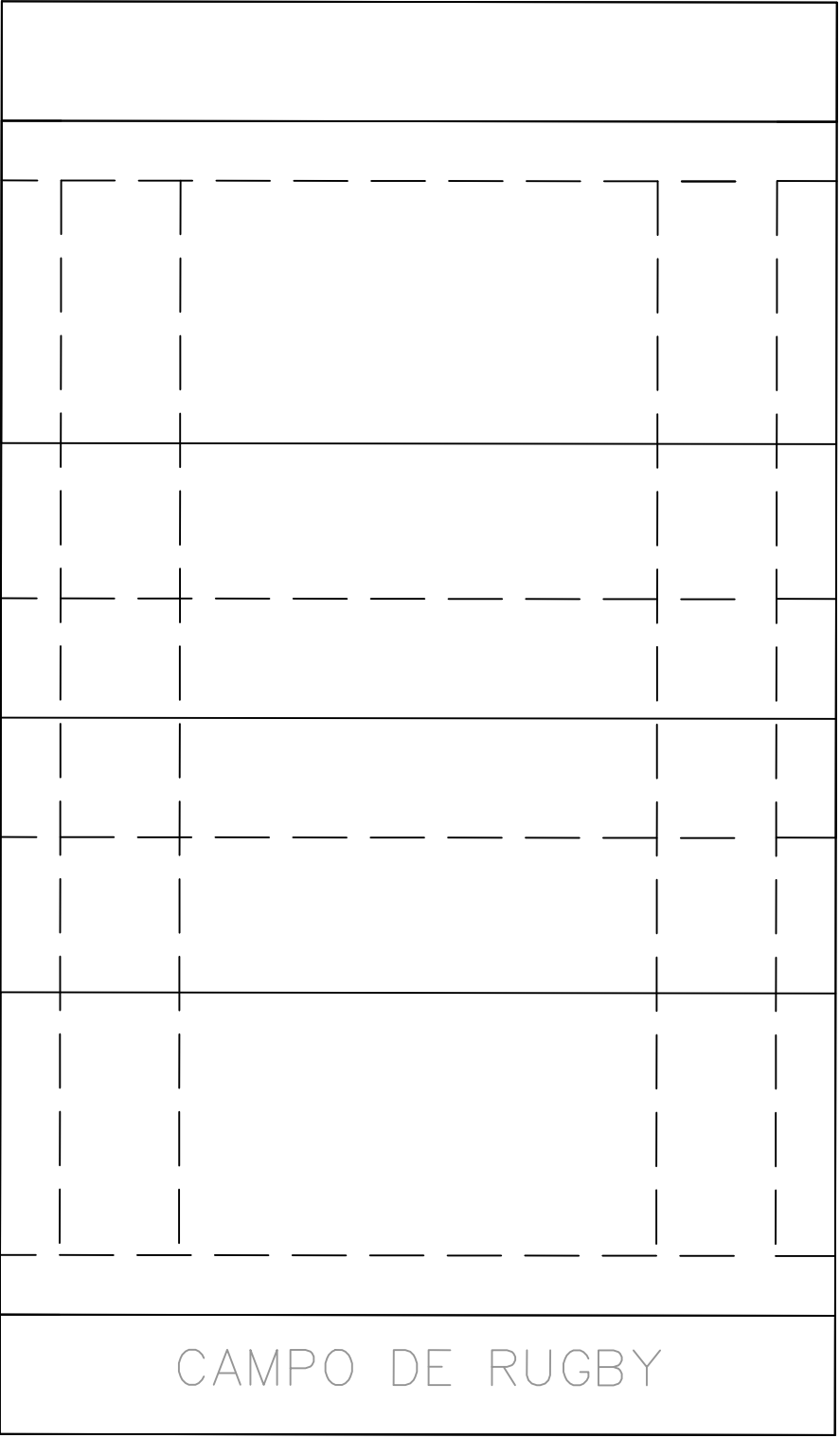
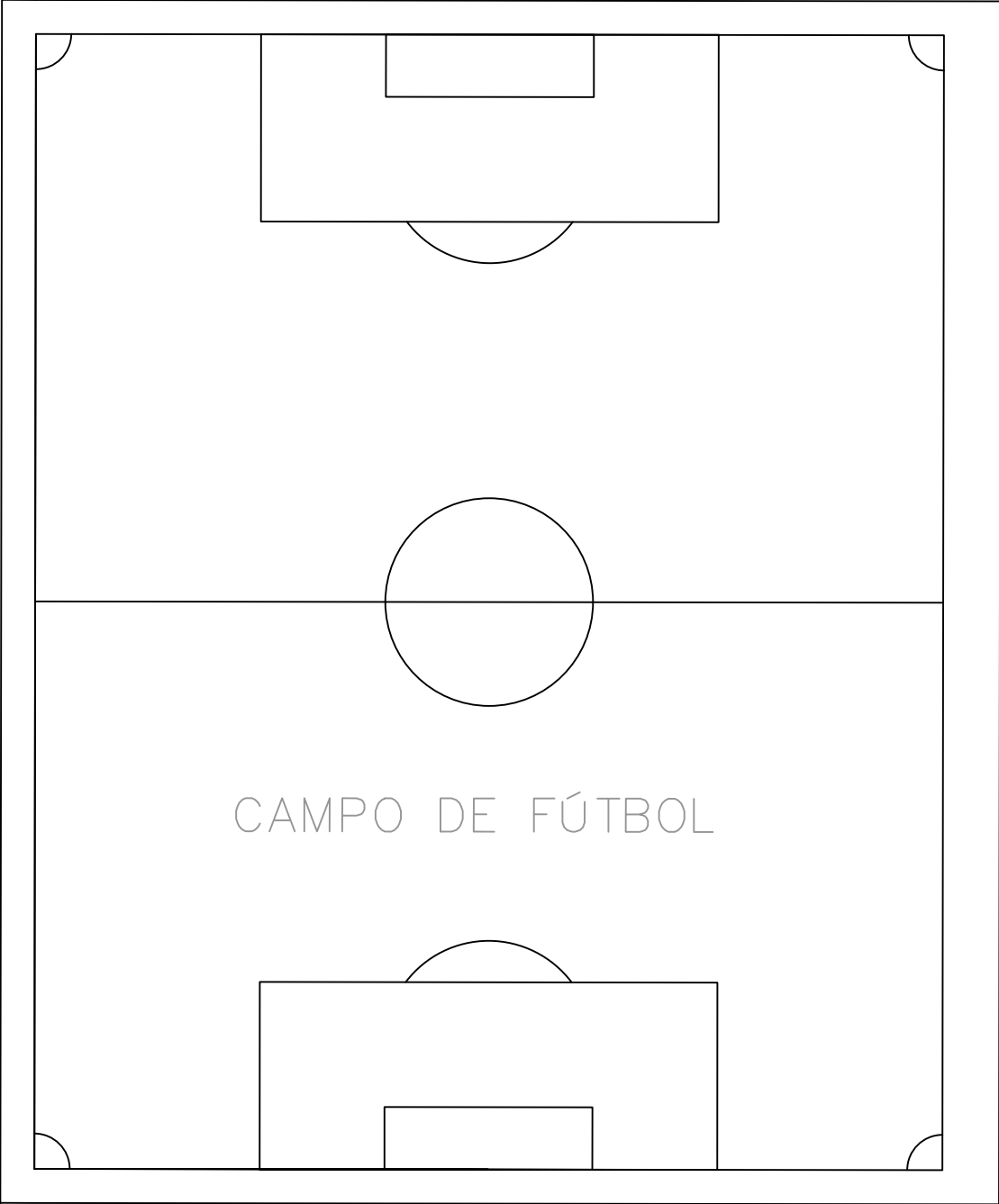
LUMINARIA	ÁNGULO INCLINACIÓN
1	28,7 °
2	27,3 °
3	34,0 °
4	32,9 °

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:500	DESIGNACIÓN: LUMINARIAS DEL CAMPO DE RUGBY		



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	AreaFlex 32 - 46 W - 500 mA - 4000 K CRI 70

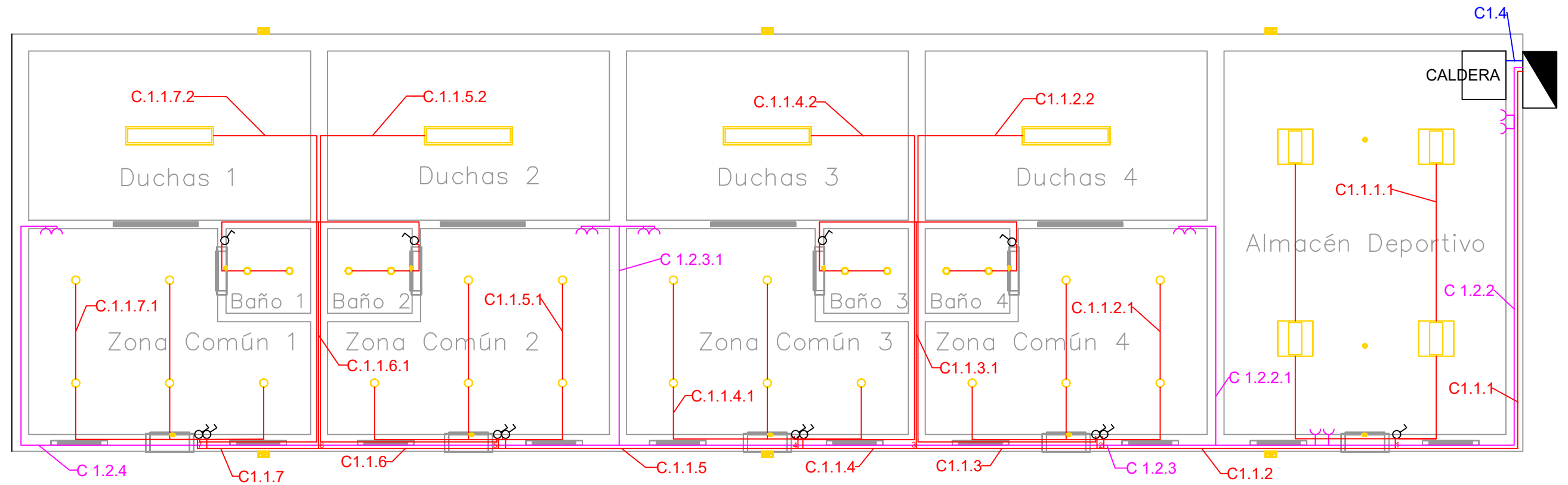
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: LUMINARIAS ENTRADA AL COMPLEJO DEPORTIVO		



CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
C 1	EDIFICIO 1 EMERGENCIA
C 2	EDIFICIO 2 EMERGENCIA
C 3	EDIFICIO 2
C 4	CAMPO DE RUGBY
C 5	CAMPO DE FÚTBOL

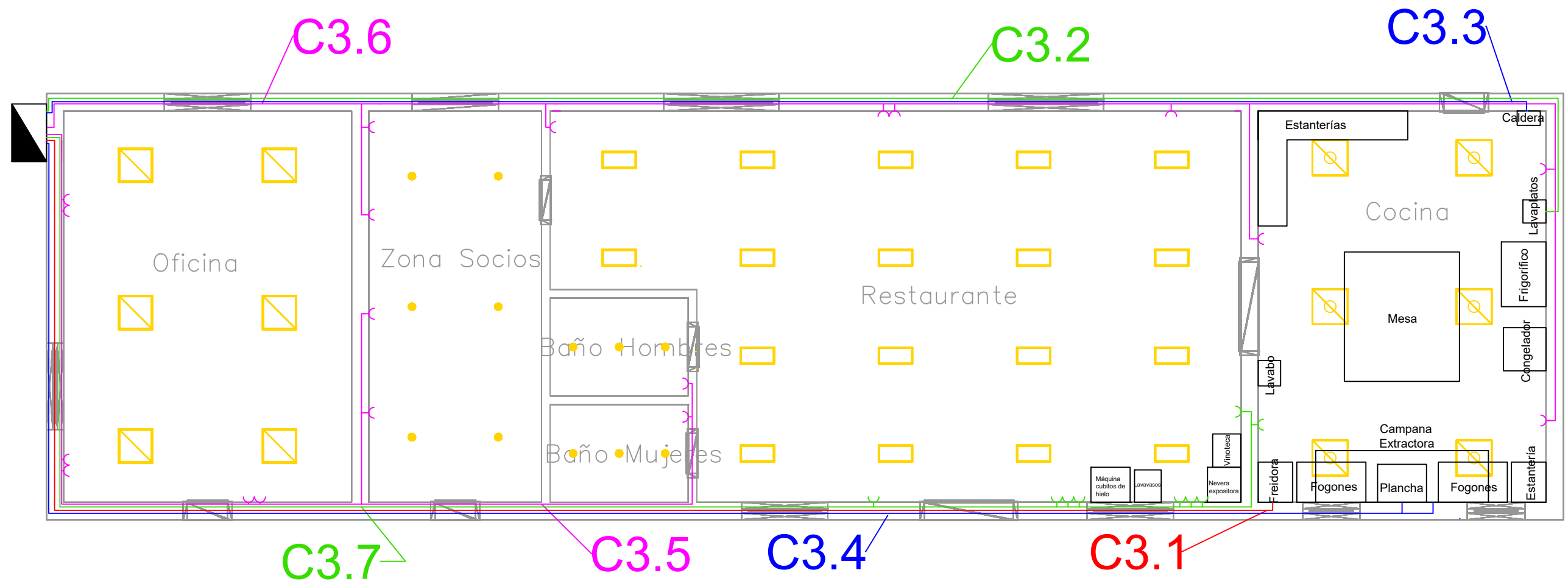
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:500	DESIGNACIÓN: ALIMENTACIÓN A CUADROS SECUNDARIOS		





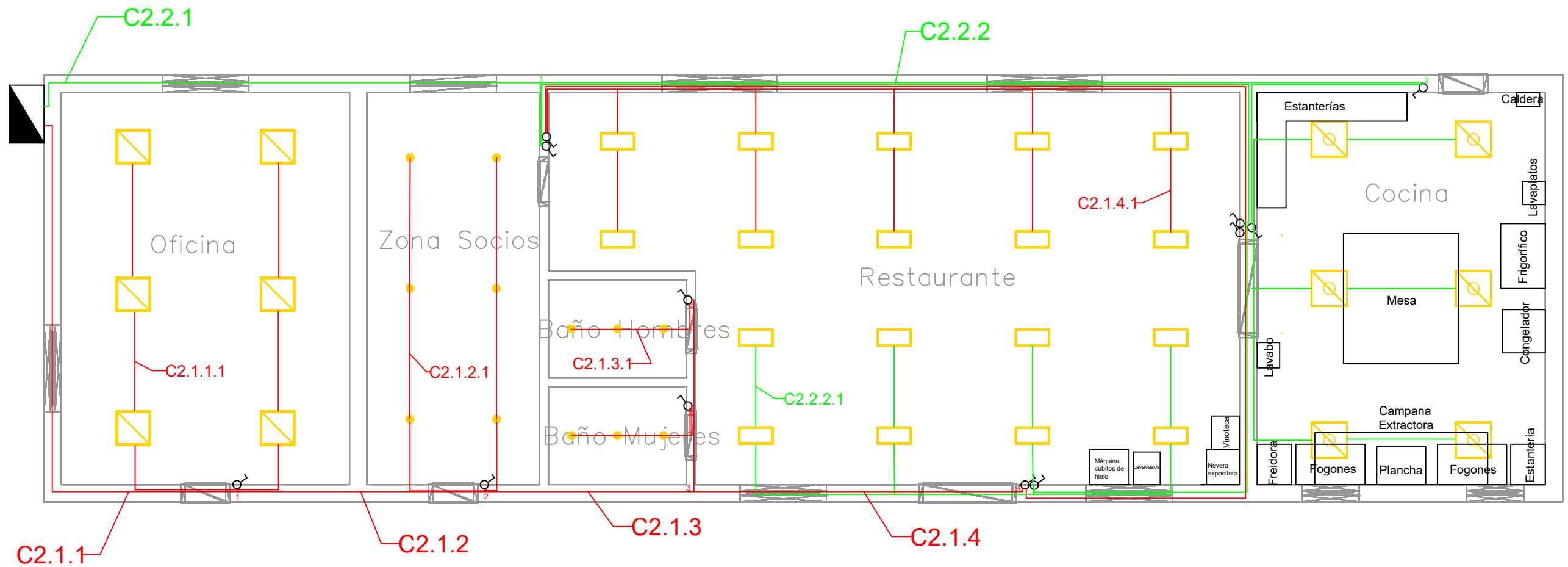
	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
—	C 1.1	MANDO - EDIFICIO 1
—	C 1.2	FUERZA - EDIFICIO 1
—	C 1.4	CALDERA

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: CIRCUITOS CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 1 EMERGENCIA		



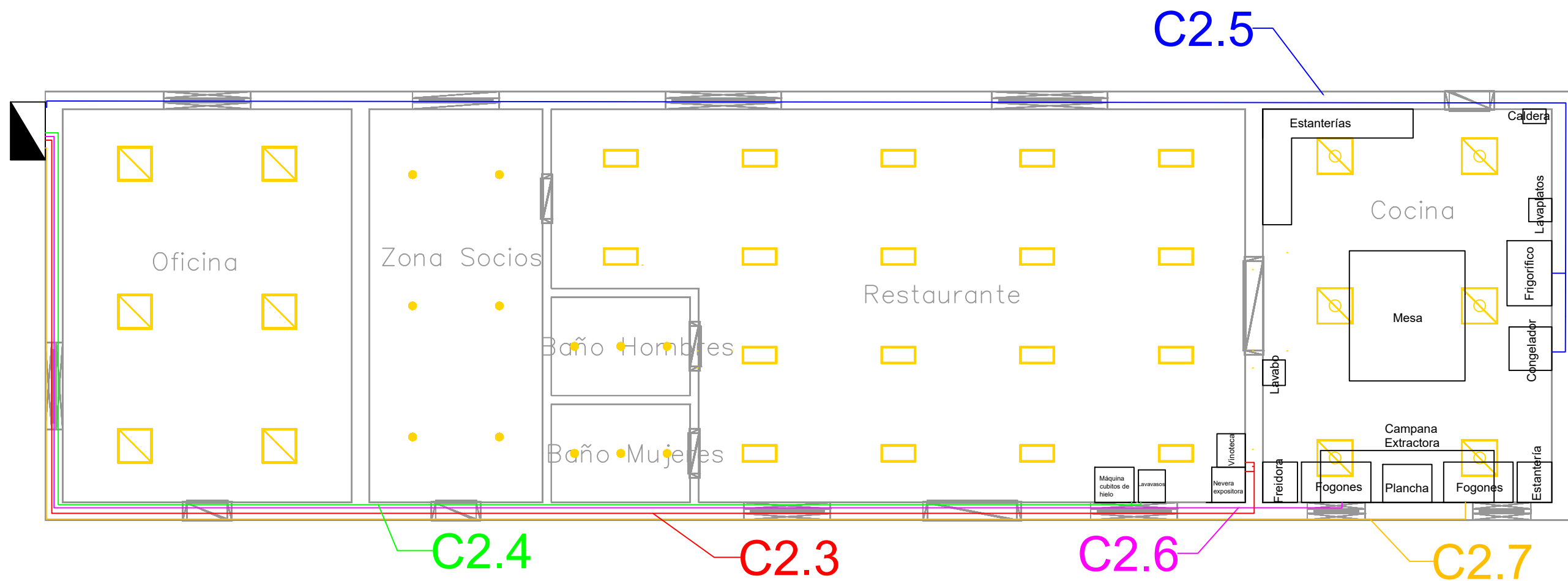
	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
	C 3.1	FREIDORA
	C 3.2	LAVAVAJILLAS
	C 3.3	CALDERA
	C 3.4	FUERZA 2 - COCINA
	C 3.5	TOMAS DE CORRIENTE 1
	C 3.6	TOMAS DE CORRIENTE 2
	C 3.7	TOMAS DE CORRIENTE 3

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: CIRCUITOS CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 2		



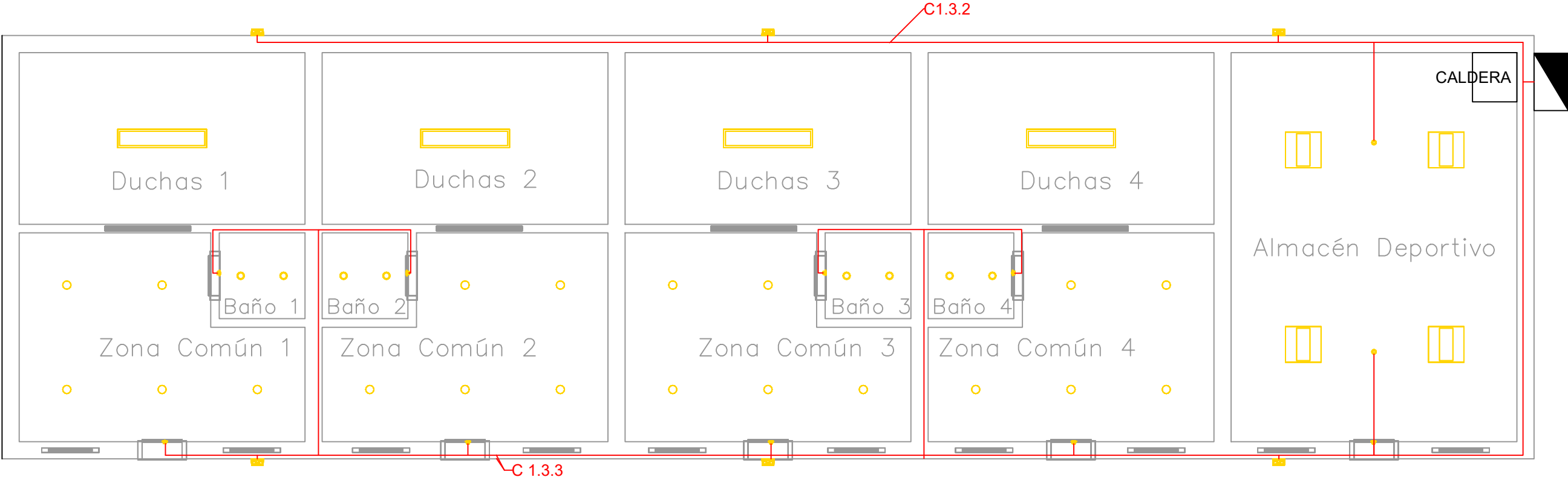
	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
—	C 2.1	MANDO 1 - EDIFICIO 2
—	C 2.2	MANDO 2 - EDIFICIO 2

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: CIRCUITOS DE MANDO CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 2 EMERGENCIA		



	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
—	C 2.3	FUERZA 1 - BARRA
—	C 2.4	FUERZA 2 - BARRA
—	C 2.5	FUERZA 1 - COCINA
—	C 2.6	FOGONES 1
—	C 2.7	FOGONES 2

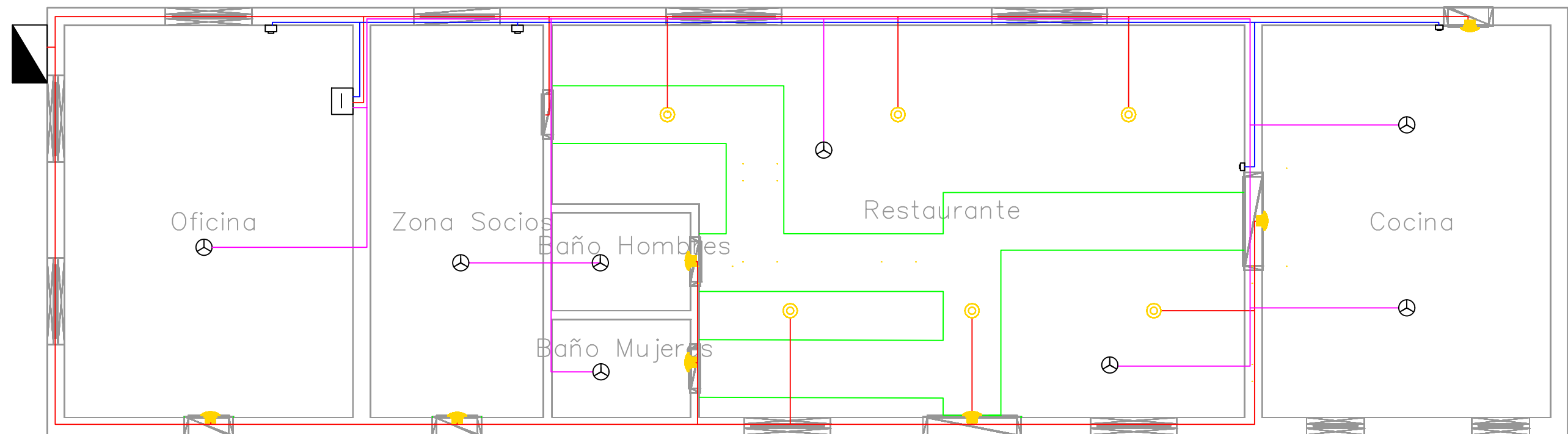
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: CIRCUITOS DE FUERZA CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 2 EMERGENCIA		



SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LUMINARIA DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA

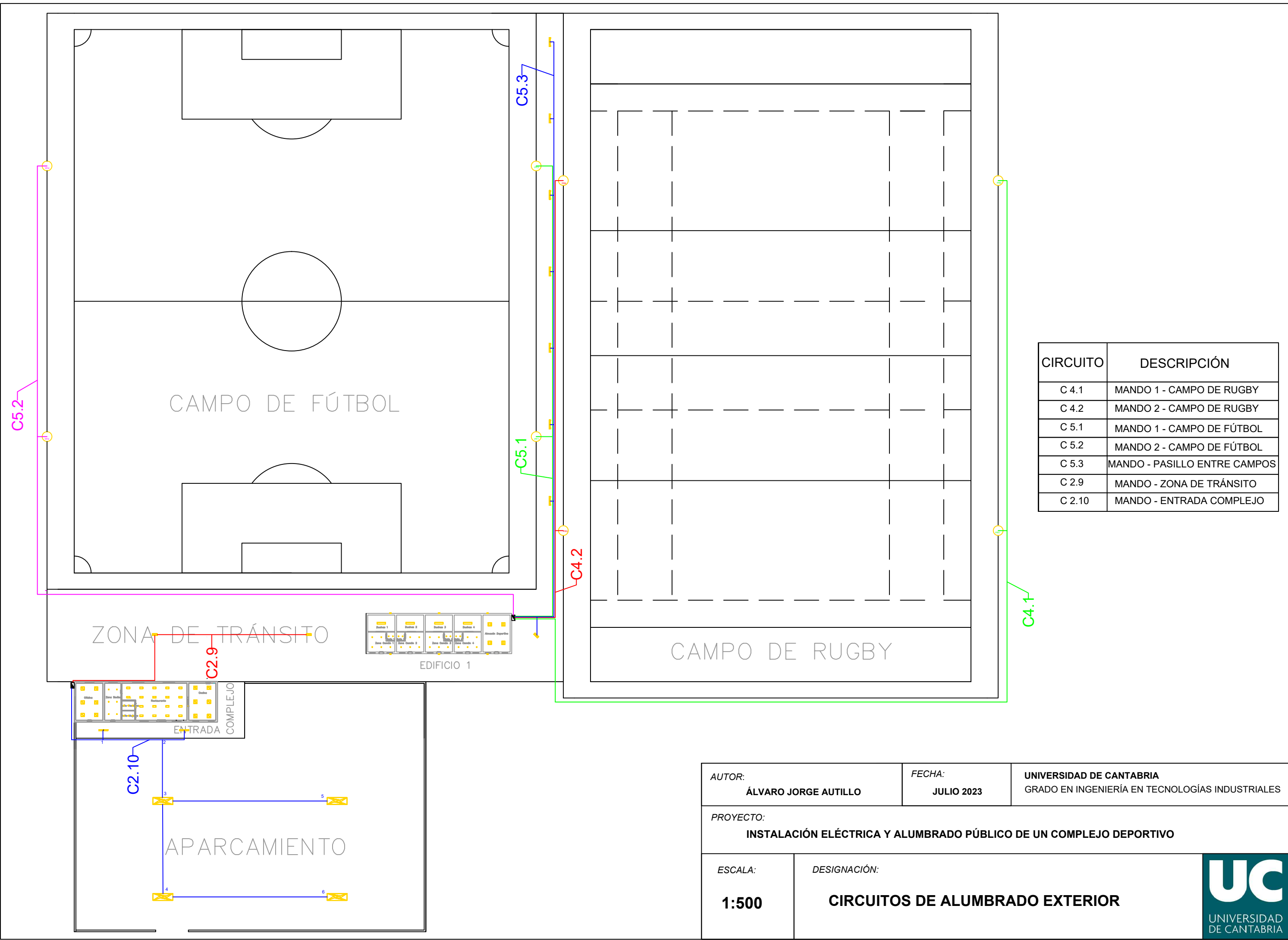
	CIRCUITO	DESCRIPCIÓN
	C 1.3	MANDO - EMERGENCIA Y FACHADA

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: ALUMBRADO EMERGENCIA CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 1 EMERGENCIA		

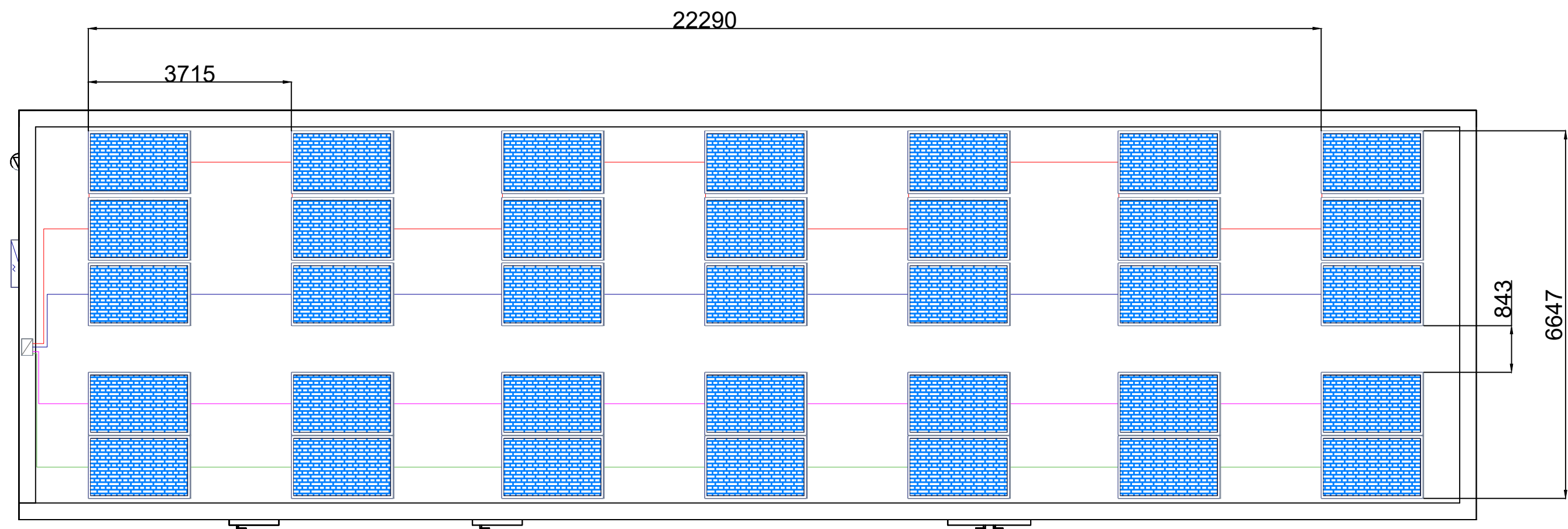


SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	LUMINARIA DE EMERGENCIA
	LUMINARIA DE EMERGENCIA
	CENTRALITA INCENDIOS
	DETECTOR DE HUMOS
	PULSADOR ALARMA

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: CIRCUITOS DE EMERGENCIA Y CONTRA INCENDIOS EDIFICIO 2		

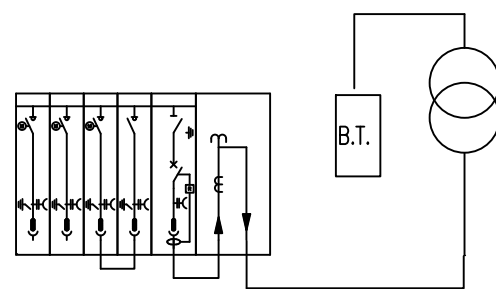
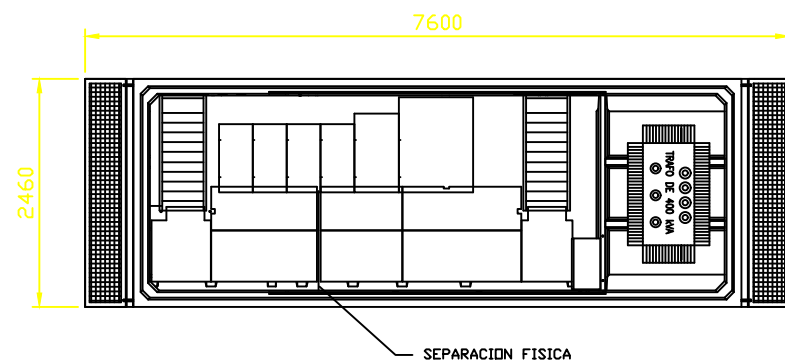
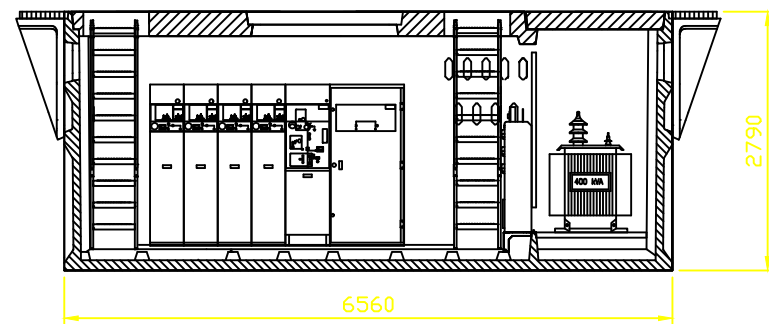


AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:500	DESIGNACIÓN: CIRCUITOS DE ALUMBRADO EXTERIOR		

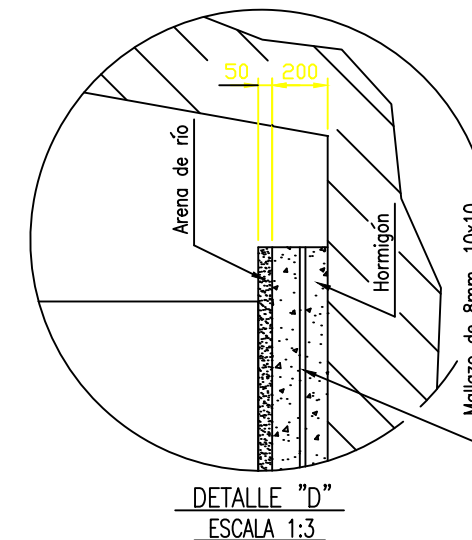
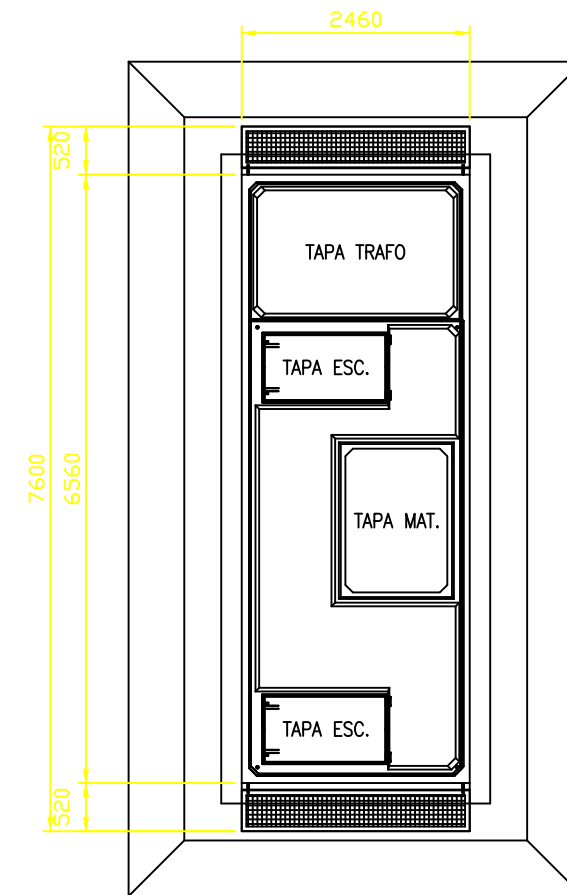
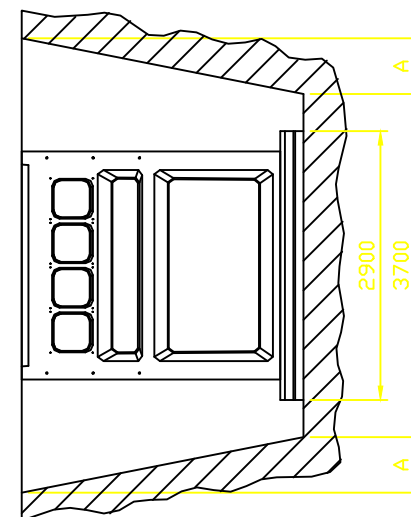
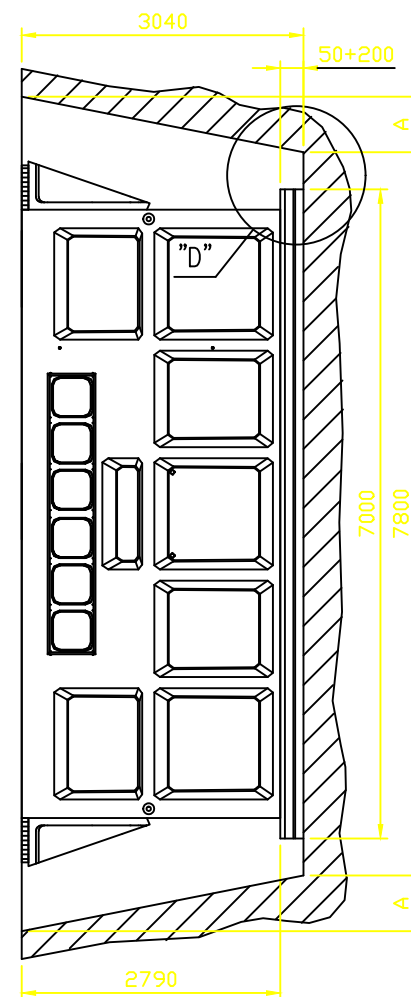


SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CAJA DE REGISTRO
	INVERSOR
	CONEXIÓN A RED
	PANEL SOLAR

AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:100	DESIGNACIÓN: INSTALACIÓN DE PANELES SOLARES EN EDIFICIO 2		

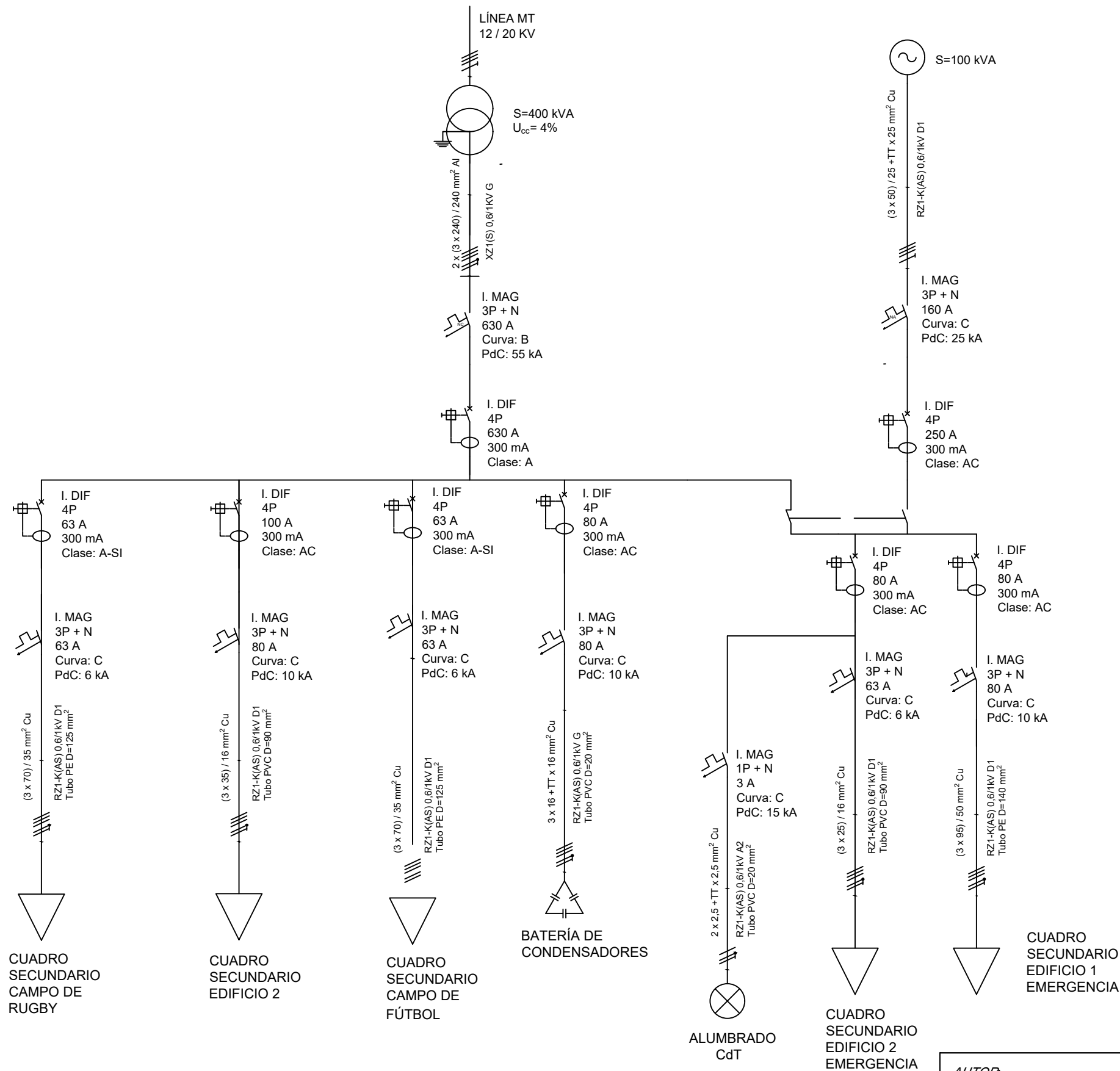


IMPORTANTE
 ES NECESARIO RELLENAR LA EXCAVACION HASTA LA ALTURA DE ENTRADA DE CABLES INMEDIATAMENTE DESPUES DE MONTADO PARA EVITAR POSIBLES DESPLAZAMIENTOS.

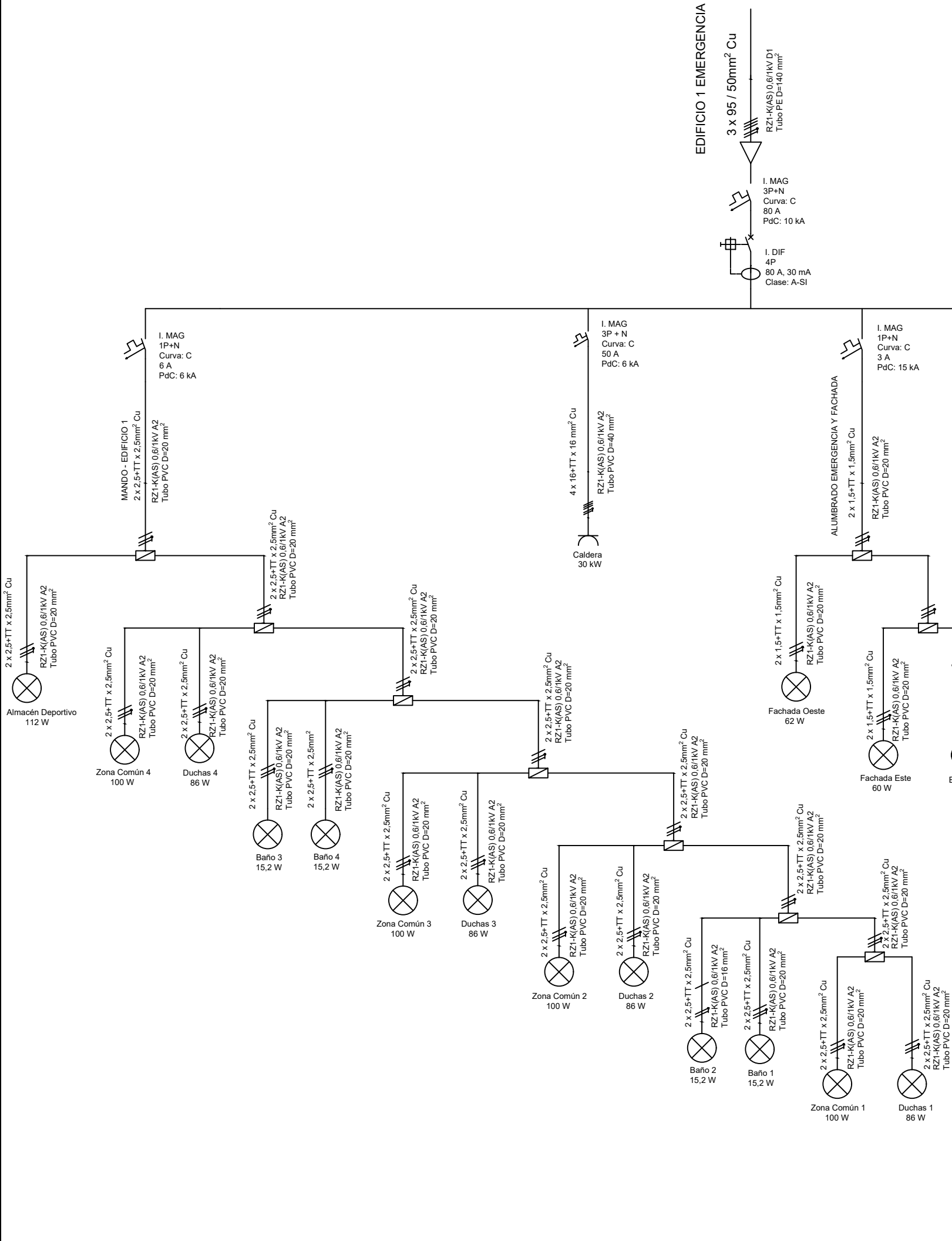


AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: 1:20	DESIGNACIÓN: DISEÑO DEL CENTRO DE TRANSFORMACIÓN		

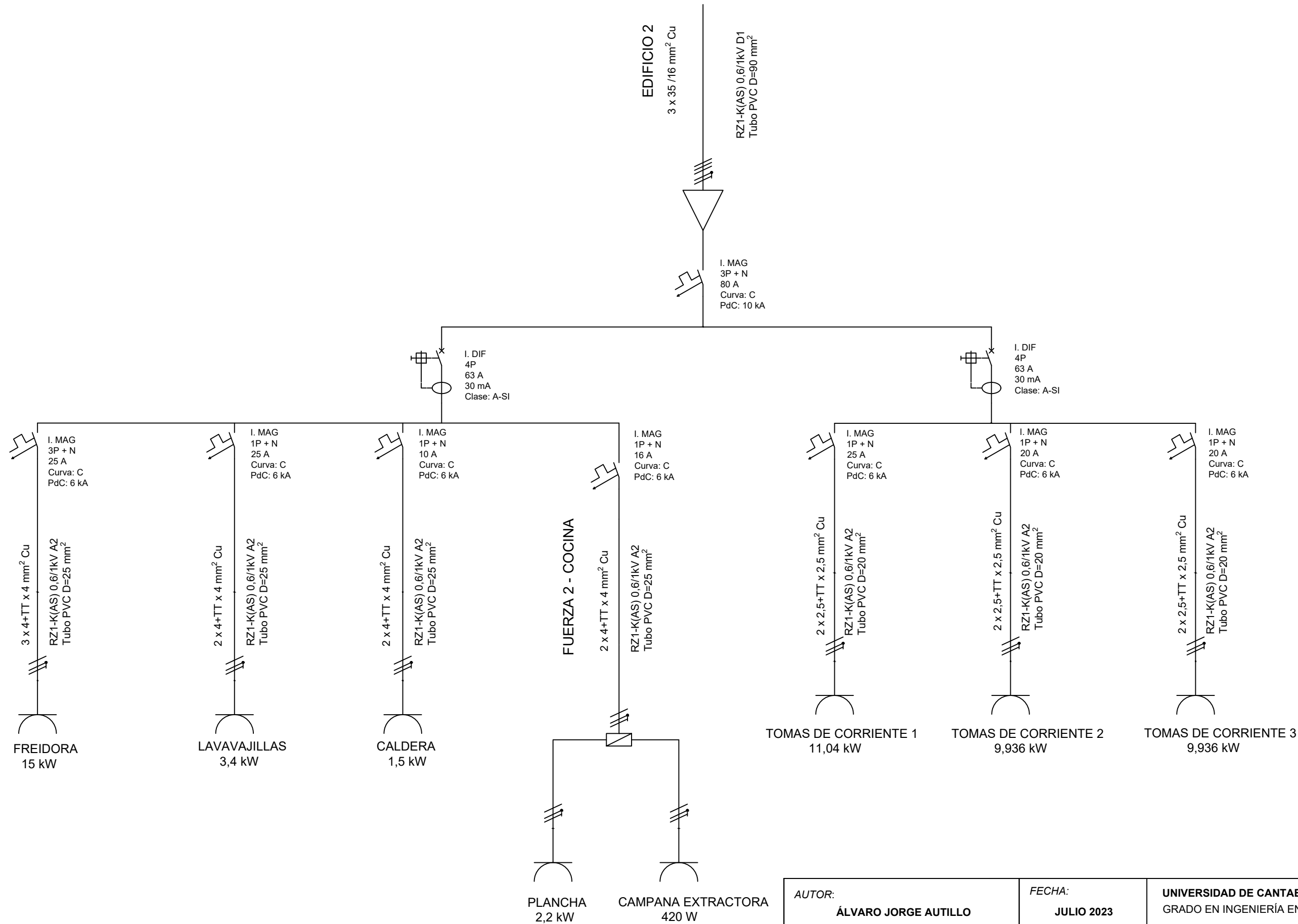
The logo of the University of Cantabria, featuring a large white 'UC' on a dark teal background, with the text 'UNIVERSIDAD DE CANTABRIA' in white below it.



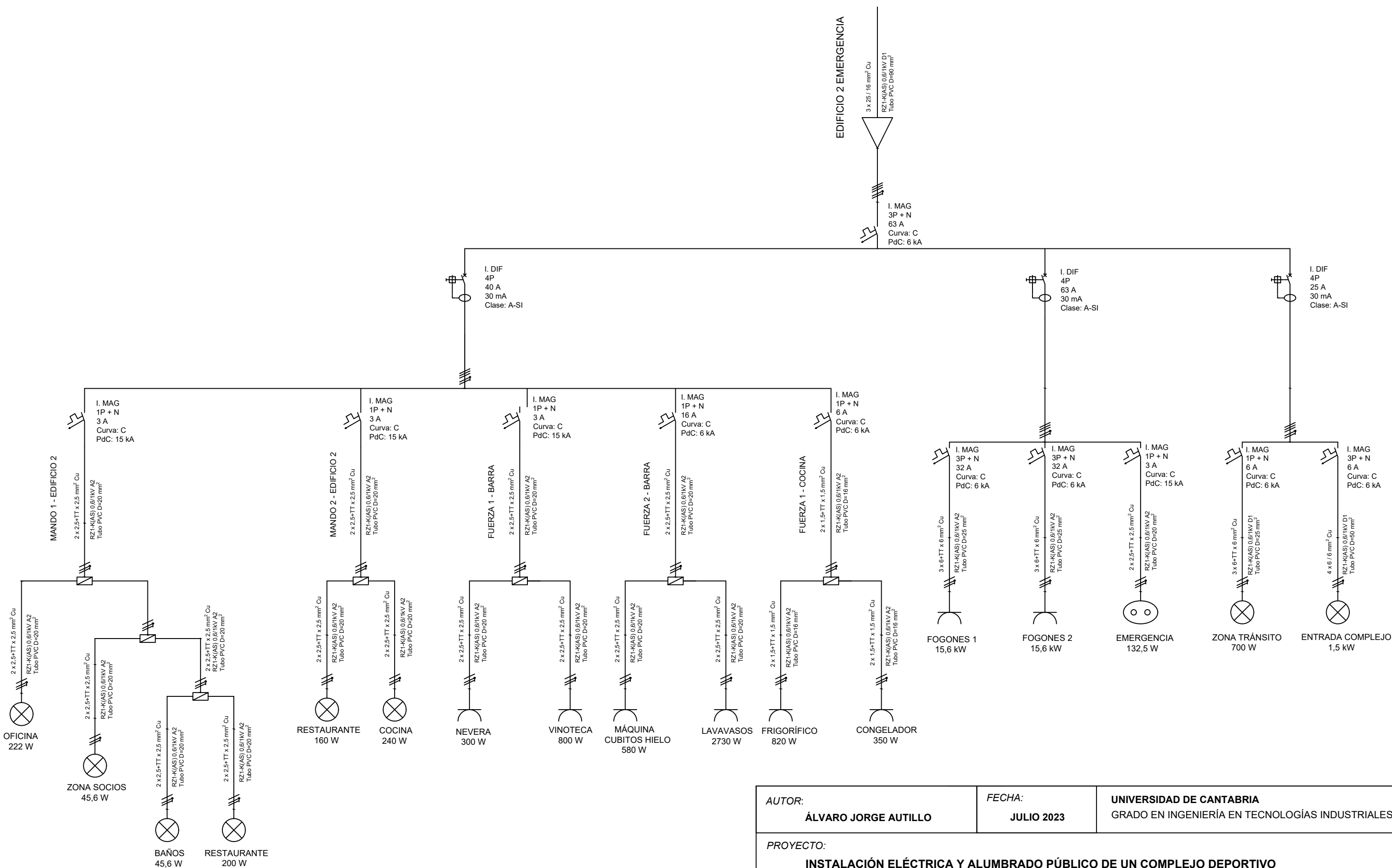
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: S / E	DESIGNACIÓN: UNIFILAR CUADRO GENERAL DE BAJA TENSIÓN		



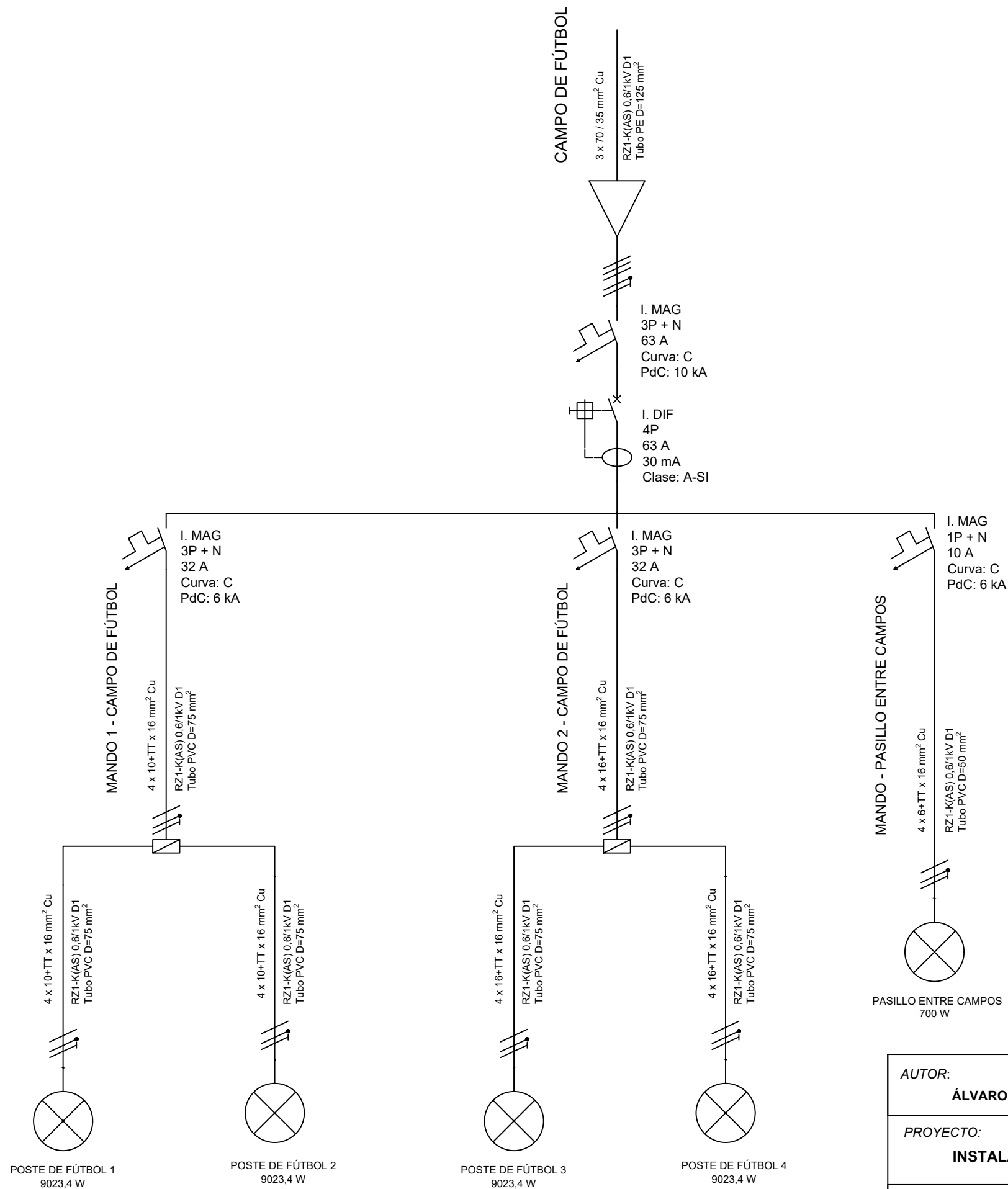
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO	FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO		
ESCALA: S / E	DESIGNACIÓN: UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 1 EMERGENCIA	



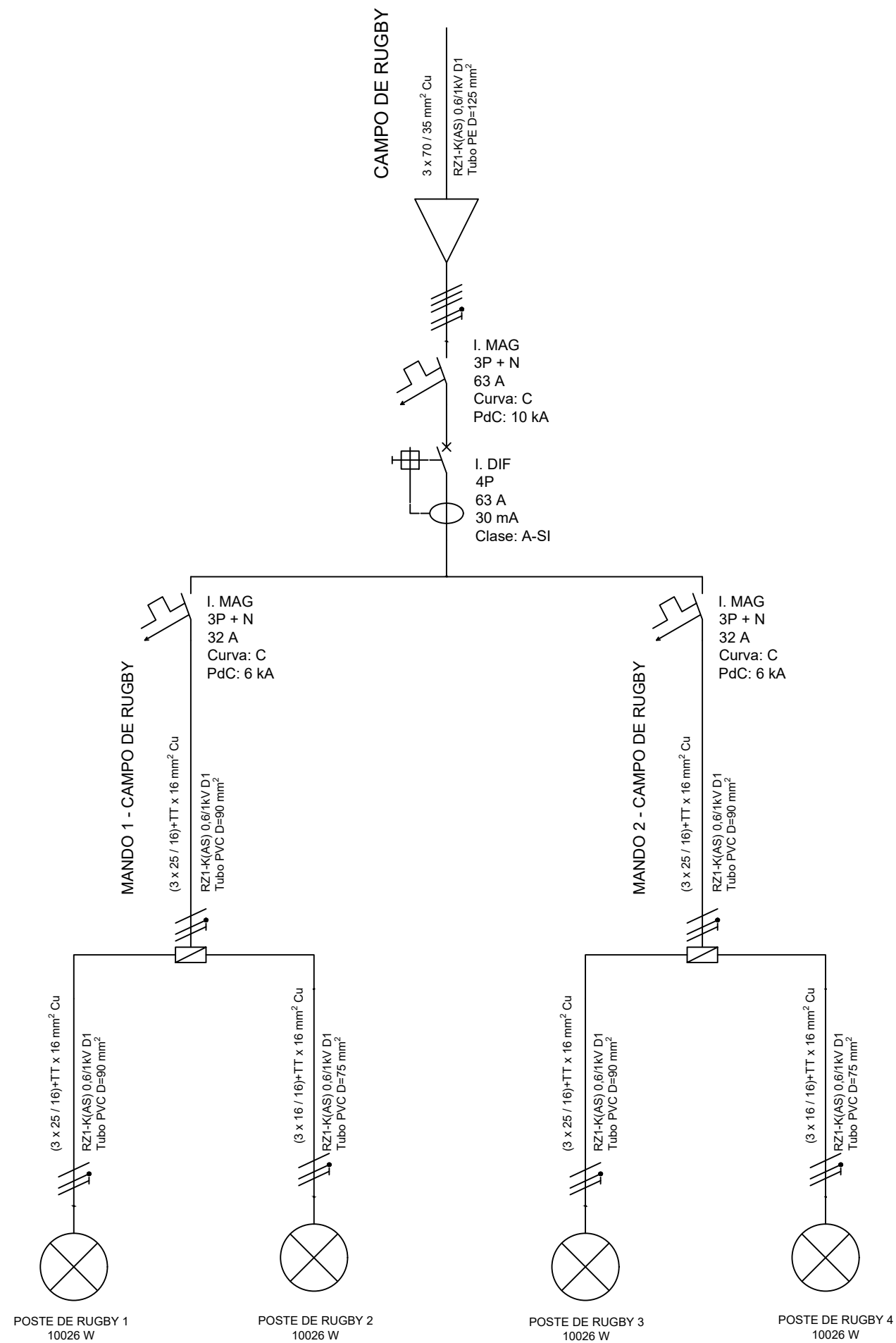
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: S / E	DESIGNACIÓN: UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 2		



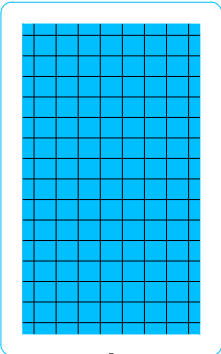
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: S / E	DESIGNACIÓN: UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO EDIFICIO 2 EMERGENCIA		



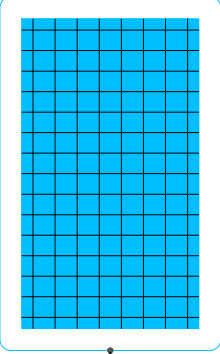
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO		FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO			
ESCALA: S / E	DESIGNACIÓN: UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO CAMPO DE FÚTBOL		



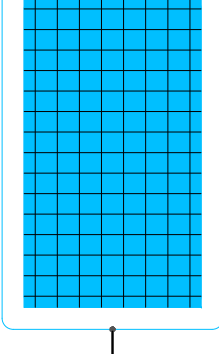
AUTOR: ÁLVARO JORGE AUTILLO	FECHA: JULIO 2023	UNIVERSIDAD DE CANTABRIA GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES
PROYECTO: INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO		
ESCALA: S / E	DESIGNACIÓN: UNIFILAR CUADRO SECUNDARIO CAMPO DE RUGBY	



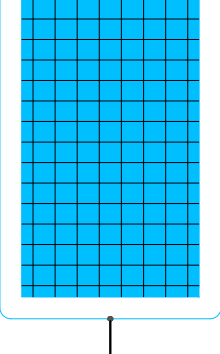
Módulo fotovoltaico
1134 x 2093 x 30 mm
500 W
(14 Unidades)



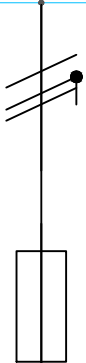
Módulo fotovoltaico
1134 x 2093 x 30 mm
500 W
(7 Unidades)



Módulo fotovoltaico
1134 x 2093 x 30 mm
500 W
(7 Unidades)



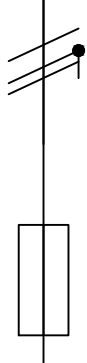
Módulo fotovoltaico
1134 x 2093 x 30 mm
500 W
(7 Unidades)



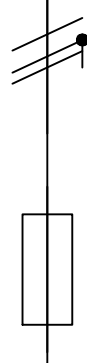
Fusible
16 A
20 kA



Fusible
16 A
20 kA



Fusible
16 A
20 kA



Fusible
16 A
20 kA



Inversor
98,1%
200 / 1100 V
60 / 90 kW
33A



Fusible
32 A
20 kA



Punto de conexión a la red
Instalación fotovoltaica



AUTOR:
ÁLVARO JORGE AUTILLO

FECHA:
JULIO 2023

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

PROYECTO:
INSTALACIÓN ELÉCTRICA Y ALUMBRADO PÚBLICO DE UN COMPLEJO DEPORTIVO

ESCALA:
S / E

DESIGNACIÓN:
UNIFILAR CUADRO MÓDULOS FOTOVOLTAICOS

5 ESTUDIO DE

SEGURIDAD Y

SALUD

ÍNDICE:

5	ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD	193
5.1	OBJETO DEL ESTUDIO	196
5.2	NORMAS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA	196
5.2.1	En fase de proyecto	196
5.2.2	En fase de planificación de los trabajos	197
5.2.3	Antes del inicio de los trabajos	197
5.3	DISPOSICIONES MÍNIMAS QUE APLICAR	198
5.3.1	Estabilidad y solidez	198
5.3.2	Caídas de objetos	198
5.3.3	Andamios y escaleras	198
5.3.4	Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras	199
5.3.5	Instalaciones, equipos y máquinas	199
5.3.6	Movimiento de tierras y excavaciones	200
5.3.7	Instalaciones de suministro y reparto de energía	200
5.3.8	Detección y lucha contra incendios	201
5.3.9	Exposición a riesgos particulares	201
5.3.10	Primeros auxilios	201
5.3.11	Servicios higiénicos en el almacén de la empresa	201
5.3.12	Disposiciones varias	202
5.4	NORMAS DE CARÁCTER GENERAL	202
5.4.1	Protecciones personales	202
5.4.2	NORMAS DE CARÁCTER ESPECÍFICO	203
5.4.3	Intervención en instalaciones eléctricas	203
5.4.4	Manipulación de sustancias químicas	204
5.5	FORMACIÓN	204
5.5.1	Formación del Personal Técnico	204
5.5.2	Formación de Personal de producción	204
5.5.3	Funciones del personal técnico a pie de obra	205
5.5.4	Funciones de los mandos intermedios	205
5.5.5	Funciones del personal de obra	206
5.6	MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRIMEROS AUXILIOS	207
5.6.1	Botiquines	207
5.6.2	Asistencia a accidentados	207
5.7	IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS	207

5.7.1	Uso de herramientas manuales	207
5.7.2	Uso de herramientas punzantes	208
5.7.3	Uso de herramientas de percusión	208
5.7.4	Medios y maquinaria.....	208
5.7.5	Movimientos de tierras y excavaciones.....	209
5.8	MEDIOS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN	210
5.8.1	Medidas de protección colectiva	210
5.8.2	Medidas de protección individual	211
5.8.3	Medidas de protección a terceros	211
5.8.4	Coordinación de las actividades de prevención	211
5.9	OBLIGACIONES DEL PROMOTOR	212
5.10	COORDINACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD.....	212
5.11	OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.....	213
5.12	OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS	214
5.13	DEREECHOS DE LOS TRABAJADORES.....	215
5.14	PARALIZACIÓN DE TRABAJOS	215
5.15	NORMATIVA APLICABLE	215

5.1 OBJETO DEL ESTUDIO

Por medio de este estudio se determinan y establecen los posibles riesgos técnicos derivados del trabajo, enfermedades y posibles situaciones peligrosas.

Los objetivos que pretende alcanzar el presente Estudio Básico de Seguridad y Salud son:

- Garantizar la salud e integridad física de los trabajadores.
- Evitar acciones o situaciones peligrosas por improvisación, o por insuficiencia o falta de medios.
- Delimitar y esclarecer atribuciones y responsabilidades en materia de seguridad de las personas que intervienen en el proceso constructivo.
- Referir la clase de medidas de protección a emplear en función del riesgo.
- Detectar a tiempo los riesgos que se derivan de la ejecución de la obra.
- Aplicar técnicas de ejecución que reduzcan al máximo estos riesgos.

Todas las medidas adoptadas se elaboran tomando como referencia la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

5.2 NORMAS DE ACTUACIÓN PREVENTIVA

5.2.1 En fase de proyecto

El proyecto integrará todos los factores para seguridad de personas y cosas, quedando por escrito la colocación de protecciones colectivas y uso de protecciones personales.

La Dirección Facultativa, en fase de proyecto, tendrá en cuenta todos los procesos o acciones que pueden derivar en posibles peligros para la salud o integridad física de las personas.

Por otro lado, la Dirección Técnica habrá planificado los trabajos de acuerdo con las técnicas más adecuadas para su desarrollo.

La Dirección Facultativa junto con el responsable Técnico del Contratista revisarán a pie de obra los siguientes aspectos: Planos de proyecto y obra, replanteo, maquinaria y herramientas, andamios, aberturas no incluidas en planos y condiciones de almacenamiento de materiales.

En esta fase, se tendrá en cuenta la existencia de conducciones eléctricas por si es necesario contactar con la empresa distribuidora.

5.2.2 En fase de planificación de los trabajos

Los trabajos únicamente se comenzarán a desarrollar en caso de que se disponga de todos los elementos adecuados para su asentamiento y delimitación adecuada de la zona de trabajo, suministro de materiales y actuación de equipos en condiciones de seguridad para personas y equipos.

Para el mayor aprovechamiento del tiempo se creará un programa en el que se recojan los tiempos de trabajo y de recogida de materiales derivados de dichos trabajos.

5.2.3 Antes del inicio de los trabajos

Se realizará un estudio de acondicionamiento de las zonas de trabajo sobre las que se van a colocar andamios o plataformas, zonas de paso, acceso, etc.

Los trabajadores dispondrán antes de la realización de los trabajos todo material de protección individual que sea necesario para la realización de los mismos. Dichos trabajadores deberán haber dispuesto de la formación necesaria.

En toda la instalación de BT, previamente a la realización de trabajos en el sistema se deberán realizar las siguientes pautas preventivas:

- Aislamiento de toda fuente de tensión que pueda alimentar a la instalación sobre la que se va a trabajar.

Deberá realizarse en cada uno de los conductores mediante elementos de corte omnipolar o, en su defecto, abriendo primero las fases y posteriormente el neutro.

- Bloqueo de los elementos de corte, es recomendable el uso de candados.
- Verificación de ausencia de tensión.
- Puesta a tierra y cortocircuito. Los conductores activos de la instalación eléctrica en la zona de trabajo se conectarán en cortocircuito entre ellos y tierra.
- Señalización de la zona de trabajo.

5.3 DISPOSICIONES MÍNIMAS QUE APLICAR

5.3.1 Estabilidad y solidez

Todo material y equipo deberán disponer de una buena resistencia frente a desplazamientos. En caso de poder asegurar dicha resistencia al paso, se dispondrán los medios necesarios para el desarrollo del trabajo.

5.3.2 Caídas de objetos

Para evitar daños humanos por posibles desprendimientos o caídas de objetos se dotará a los trabajadores de protecciones individuales y colectivas. En caso de no poder asegurar el paso sin incidencias por un tramo, se deberán establecer pasos alternativos seguros.

Todo material de trabajo deberá ser depositado de forma que se evite el desplome y garantice una correcta estabilidad.

5.3.3 Andamios y escaleras

Al igual que el almacenamiento de los objetos, todo andamio o escalera deberá estar fijada correctamente para evitar caídas.

Del mismo modo, se diseñarán las plataformas o andamios para el número de trabajadores que van a operar en dicho momento. Se protegerá al personal que pueda estar expuesto de caídas de objetos derivados del uso de este tipo de estructuras.

Estas estructuras serán inspeccionadas antes, durante y después de su uso. Este último período abarca fases de tiempo de no utilización de los equipos, exposición a la intemperie,

períodos de reparación o cualquier efecto que pueda ocasionar un perjuicio para garantizar la seguridad del equipo.

En caso de tratar con andamios móviles o escaleras se asegurarán las fijaciones al suelo para evitar desplazamientos durante la ejecución de los trabajos.

5.3.4 Vehículos y maquinaria para movimiento de tierras

La seguridad relativa al uso de maquinaria o vehículos para movimientos de tierras deberán regirse por la normativa específica de estos.

Generalizando, deberán cumplir con las siguientes restricciones:

- Proyección y construcción correcta de acuerdo con las actividades que debe realizar.
- Garantizar su correcto funcionamiento.
- Garantizar su correcto uso.
- Delimitación de zonas de trabajo para evitar atrapamientos o caídas de la maquinaria en posibles fosos o excavaciones.
- Deberán disponer de los equipos necesarios para evitar daños de los materiales empleados, tales como conductores, tubos etc.

5.3.5 Instalaciones, equipos y máquinas

Toda instalación, máquina o equipo deberá ser empleada y protegida de acuerdo con su normativa específica vigente. En este punto se encuentran tanto máquinas motorizadas como manuales, que en cualquier caso deberán cumplir las consideraciones que se comentan a continuación:

- Proyección y construcción correcta de acuerdo con las actividades que debe realizar.

- Garantizar su correcto funcionamiento.
- Garantizar su correcto uso.
- Todo trabajador que manipule la maquinaria deberá disponer de la formación adecuada.

5.3.6 Movimiento de tierras y excavaciones

Previamente al comienzo de la actividad deberán comprobarse la localización de posibles tuberías o cables subterráneos que puedan ocasionar un replanteo en el diseño de la ejecución de la obra.

Las precauciones correspondientes a este apartado son las siguientes:

- Prevención de sepultamientos por desprendimiento de tierras, objetos, blindajes, taludes, materiales, personas, etc.
- Prevención de aparición accidental de agua que pueda ocasionar ahogamientos o daños en los equipos o instalación.
- Mantener una renovación del aire adecuada de modo que el aire no sea nocivo para la salud del trabajador.

5.3.7 Instalaciones de suministro y reparto de energía

Toda instalación eléctrica deberá estar basada y argumentada en base al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

Deberán proyectarse, realizarse y utilizarse evitando la generación de incendios, explosiones o cualquier peligro por contacto directo o indirecto hacia la persona. Del mismo modo, se deberá realizar un mantenimiento preventivo de las instalaciones para garantizar el cumplimiento de lo nombrado anteriormente.

Todas las instalaciones eléctricas serán montadas por personal cualificado en materia eléctrica y conocedor de las medidas de seguridad pertinentes en función del trabajo a realizar.

5.3.8 Detección y lucha contra incendios

La protección frente a incendios tendrá que ser garantizada por medio de extintores correctamente señalizados de acuerdo con el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril.

5.3.9 Exposición a riesgos particulares

Se deberá asegurar la nula exposición de los trabajadores a posibles sustancias nocivas que puedan derivar en perjuicios a su salud.

En caso de la aparición de zonas que pudieran contener sustancias nocivas, no se permitirá el desarrollo de la actividad hasta que se disponga de las medidas preventivas necesarias para la prevención de dicho riesgo.

Todos estos trabajos se desarrollarán bajo supervisión externa e independiente de la zona de trabajo que contiene sustancias nocivas.

5.3.10 Primeros auxilios

Deberán disponerse de aparatos de primeros auxilios, correctamente señalizados y personal formado en su uso. Deberá garantizarse una correcta evacuación del personal afectado en caso de daño.

5.3.11 Servicios higiénicos en el almacén de la empresa

En caso de que los trabajadores deban llevar ropa de trabajo se les facilitará vestuarios para su aseo al final de la jornada.

Estos vestuarios se colocarán en lugares de fácil acceso y correcta iluminación. Deberán disponer de lugares donde colocar la ropa y objetos bajo llave, además de duchas con agua corriente caliente y fría.

En caso de que no sea necesario la colocación de duchas, se situarán lavabos con las mismas prestaciones que las duchas nombradas previamente.

Para facilitar los desplazamientos se colocarán las áreas de descanso en zonas cercanas a los vestuarios y comedores.

5.3.12 Disposiciones varias

Los lugares de acceso a la obra deberán estar correctamente señalizados diferenciando entre tránsito peatonal y de maquinaria.

Los trabajadores deberán disponer de acceso a agua potable para hidratarse, en ningún caso esta bebida podrá ser sustituida por bebida alcohólica.

Deberá destinarse un lugar en el que los trabajadores puedan realizar sus comidas y descansar durante la jornada.

5.4 NORMAS DE CARÁCTER GENERAL

Todas las herramientas deberán emplearse en lugares bien iluminados y en perfecto estado de mantenimiento. En caso de que una herramienta resulte dañada deberá ser repuesta o arreglada de forma que se mantenga la seguridad del trabajador.

Señalización adecuada y revisada a diario para que se mantenga actualizada conforme al desarrollo de los trabajos que se realizan en obra.

Aplicación de las reglas de oro de la electricidad

5.4.1 Protecciones personales

Todo equipo de protección individual que utilice el trabajador deberá cumplir con la normativa específica para la actividad que debe desempeñar.

Se deberá comprobar a diario el estado de los guantes aislantes y verificar su validez para la tensión que dispone la instalación eléctrica sobre la que se va a trabajar.

En caso de realizarse trabajos en los que pueda producirse proyección de partículas, los trabajadores deberán disponer de gafas de protección con cristales incoloros, curvados y protegidos lateralmente. En caso de que el operario necesitare de graduación, dichos cristales deberán estar graduados.

En trabajos en el centro de transformación sobre fusibles, seccionadores o lugares con tensión, en los que se puede dar pie a la aparición de arco eléctrico, se deberá emplear casco

de seguridad de Alta Tensión, pantalla facial de policarbonato, gafas de protección y guantes aislantes.

En caso de que alguno de los trabajos supere los niveles acústicos recomendados, el trabajador deberá disponer de protectores tales como tapones o cascos para los oídos.

En lugares en los que el aire no disponga de las características óptimas se deberá proporcionar mascarillas.

Para trabajos sometidos a riesgo de electrocución, los operarios deberán disponer de botas de seguridad aislantes y reforzadas en la punta para evitar daños en las extremidades.

En caso de trabajos a nivel, no se permite la realización de los trabajos si no se emplea un arnés anclado a un punto fijo que actúe como línea de vida. En caso de no ser posible su disposición se emplearán protecciones colectivas.

5.4.2 NORMAS DE CARÁCTER ESPECÍFICO

5.4.3 Intervención en instalaciones eléctricas

A continuación, se detalla el protocolo de seguridad que deberá realizarse en caso de actuación sobre cualquier tipo de instalación eléctrica:

- Apertura del circuito con corte visible
- Enclavamiento del dispositivo de corte.
- Señalización del área de trabajo mediante letrero que advierta de la realización de trabajos en dicha instalación.
- Verificación de la ausencia de tensión.
- Puesta en cortocircuito de las fases y conexión a tierra.

Todos estos trabajos no podrán ser realizados por personal que no se encuentre formado previamente en la materia de aplicación. Toda herramienta empleada no podrá ser transmisora de electricidad para evitar riesgos.

Previamente a la realización del trabajo, se deberá consultar o verificar que es posible el corte de tensión en la instalación para poder realizar los trabajos.

5.4.4 Manipulación de sustancias químicas

En los trabajos eléctricos es frecuente el uso de productos que disponen de sustancias químicas y por ello, pueden ser perjudiciales para el operario. Por ello, se deberá realizar un uso riguroso de dichos productos.

Todo envase que incorpore sustancias químicas tendrá que estar correctamente etiquetado. En él deberá mostrar el contenido de sustancias químicas que dispone, recomendaciones de uso y peligros derivados de una mala práctica de su uso.

Se emplearán en lugares ventilados, con guantes y pantallas de protección facial. En caso de que dicho producto sea tóxico se realizarán los trabajos con una mascarilla con filtro químico.

5.5 FORMACIÓN

Previamente al ingreso en obra se deberá realizar una exposición de las técnicas y modos de operación en obra a los trabajadores, incidiendo en las medidas de seguridad que deben aplicar.

5.5.1 Formación del Personal Técnico

El personal técnico, una vez recibida la instrucción pertinente deberá disponer de las aptitudes siguientes:

Cálculo de tiempos óptimos, interpretación del proyecto, sincronización de equipos, control de mantenimiento, seguridad eléctrica (apantallado) y primeros auxilios (shock eléctrico).

5.5.2 Formación de Personal de producción

Conocimiento de los medios de funcionamiento y protección de la maquinaria, seguridad en el trabajo y sincronización de máquinas y equipos.

5.5.3 Funciones del personal técnico a pie de obra

El responsable adjudicado por la Dirección Ejecutiva tendrá las siguientes funciones previamente a la puesta en marcha de los trabajos eléctricos:

- Comprobar la apertura con corte visible de los circuitos.
- Supervisar el enclavamiento en posición de apertura de los aparatos de corte o acometida.
- Verificar la ausencia de tensión.
- Asegurarse de la correcta puesta a tierra y cortocircuito.
- Planificar los lugares de acopio, posición de las máquinas y desarrollo de los trabajos delimitando sus zonas de operación con vallas y balizas.
- Establecer las zonas de acceso de maquinaria para la realización del trabajo.
- Estudio de posibles interferencias con otros trabajos que puedan perjudicar el desempeño de las tareas.
- Verificación de que las protecciones colectivas e individuales estipuladas en el Plan de Seguridad son suficientes y que las condiciones de trabajo son óptimas.
- Informar de posibles riesgos adicionales pudiendo retrasar la realización de los trabajos en caso de no ser segura la realización de los mismos.
- Informar a los mandos intermedios de las normas de seguridad que se deben aplicar en el desarrollo de la actividad.

5.5.4 Funciones de los mandos intermedios

Del mismo modo, las funciones de los mandos intermedios son las siguientes:

- Cumplimiento de las reglas de oro de la electricidad.
- Inspección del estado de la maquinaria, herramientas, protecciones y equipos a su cargo.
- Planificar los trabajos de la forma óptima y siempre asignando a personal formado en la materia de trabajo.
- Formar al personal a su cargo en la manipulación de materiales.
- Simplificar los trabajos no dando pie a manipulación innecesaria de objetos. Estos dan pie a posibles incidentes y una considerable pérdida de tiempo que se verá reflejada en un incremento considerable del coste de la obra.

Dentro de este apartado caben destacar las siguientes prácticas que reducirán la manipulación de objetos:

- Disposición de los materiales a la altura adecuada y en el lugar óptimo.
- Traslado de lotes completos mediante maquinaria en vez de individualmente.
- Orden y limpieza en la maquinaria de manipulación de materiales.

5.5.5 Funciones del personal de obra

Las obligaciones que debe cumplir el personal de obra son las siguientes:

- Comprobación de las protecciones individuales. En caso de que no se encuentren en óptimas condiciones deberán comunicárselo a su superior para el reemplazamiento de dichas protecciones.
- Comprobación de las herramientas manuales y maquinaria.
- Respeto de las protecciones colectivas en la obra.

5.6 MEDIDAS PREVENTIVAS Y PRIMEROS AUXILIOS

5.6.1 Botiquines

Será preciso disponer al menos de un botiquín que disponga del material especificado en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo, suministrando los medios necesarios para la cura con urgencia.

Este material estará a disposición de personal competente en la atención de primeros auxilios, deberá ser revisado con periodicidad y repuesto en caso de uso a la mayor brevedad posible.

5.6.2 Asistencia a accidentados

Todos los operarios deberán ser informados de los Centros Médicos a los que deberán ser trasladados en caso de accidente.

Se recomienda la disposición en obra de un listado de los distintos Centros Médicos a los que se debe acudir y su teléfono de contacto para asistencia médica.

5.7 IDENTIFICACIÓN DE LOS RIESGOS

A continuación, se hace un listado de los riesgos particulares de los distintos trabajos que se van a realizar en la obra. Se debe tener en cuenta que pueden surgir en todo el proceso de ejecución de la obra o bien, en condiciones particulares.

Deberá atenderse en especial a aquellos riesgos habituales en obra como son: cortes, quemaduras, golpes y caídas. Por otro lado, al operar continuamente con material eléctrico se deberá reducir al máximo la posibilidad de incendio, que en su defecto deberá ser extinguido a la mayor brevedad posible.

Estos riesgos estarán presentes tanto en el momento de instalación como mantenimiento de la obra una vez finalizada.

5.7.1 Uso de herramientas manuales

- Herramienta con mango suelto o rajado.

- Empleo de la herramienta como material de golpeo sin serlo.
- Utilización de destornilladores a modo de palanca.
- Prolongación de brazos de palanca con tubos.
- Empleo de material inadecuado para la realización de los trabajos.

5.7.2 Uso de herramientas punzantes

- Uso prolongado con inadecuado mantenimiento.
- Desconocimiento del operario de los peligros del uso de la herramienta.
- Material de calidad deficiente.

5.7.3 Uso de herramientas de percusión

- Mangos sueltos o rajados.
- Rebabas en la cabeza de la herramienta.
- Uso inadecuado de la herramienta.

5.7.4 Medios y maquinaria

- Atropellos o choques con otros vehículos.
- Interferencias con instalaciones de suministro público.
- Desplomes de maquinaria de obra.

- Caídas de carga.
- Generación de atmósferas de trabajo tóxicas.
- Caídas desde andamios, escaleras o plataformas.
- Golpes y tropiezos.
- Generación excesiva de ruido.
- Contactos eléctricos directos e indirectos.
- Pinchazos.
- Vuelco de la maquinaria.

5.7.5 Movimientos de tierras y excavaciones

- Interferencias con instalaciones de suministro público.
- Golpes y tropiezos.
- Caída de materiales.
- Proyección de objetos.
- Desplome de tierras.
- Caídas o atrapamiento de maquinaria en fosos o agujeros.
- Sobreesfuerzos por postura incorrecta.

5.8 MEDIOS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN

5.8.1 Medidas de protección colectiva

- Organización de los trabajos para optimización de las labores que realizar.
- Señalización de las zonas de peligro.
- Señalización y previsión de los medios de circulación de maquinaria pesada.
- Habilitación de una zona libre para movilización de maquinaria.
- Inmovilización de la maquinaria en procesos de carga y descarga de material.
- Respeto de las distancias de seguridad pertinentes en cada zona.
- Protección con elementos aislantes de lugares que dispongan de electricidad.
- Montaje de andamios y grúas de acuerdo con las especificaciones de la compañía suministradora y aplicando la normativa específica vigente.
- Revisión periódica y mantenimiento de maquinaria, equipos y herramientas.
- Disposición de vallado o pantallas de protección frente a lugares excavados o con movimiento de tierras.
- Colocación de barandillas en lugares con posibilidad de caída.
- Empleo de redes en agujeros horizontales.
- Equipos de protección contra incendios: Extintores de polvo clase A,B,C.

- Botiquín de primeros auxilios.
- Equipos de primeros auxilios.

5.8.2 Medidas de protección individual

- Empleo de calzado aislante con refuerzo en la punta.
- Uso de gafas de protección.
- Uso de arnés de seguridad para trabajos a nivel.
- Uso de protecciones acústicas.
- Empleo de suministros de aire en caso de no garantizar la correcta calidad del aire.

5.8.3 Medidas de protección a terceros

- Correcta iluminación en obra.
- Previsión de entrada y salida de maquinaria de acuerdo con el tránsito vial de la zona.
- Protección frente a caídas de objetos derivados de la obra.

5.8.4 Coordinación de las actividades de prevención

En todo momento la obra deberá disponer de un técnico de seguridad cuyo oficio sea mantener el cumplimiento de las directrices del presente Estudio Básico de Seguridad y Salud. Deberá coordinar a los operarios ya sean de la misma empresa o contratadas ajenas, estimar los tiempos de ejecución de las labores de trabajo y adoptar las medidas necesarias para el cumplimiento de los requisitos del estudio.

Todo accidente laboral será investigado por dicho técnico de seguridad para aportar soluciones futuras y eliminar así la reiteración de accidentes. Finalmente, no autorizará la ejecución de trabajos a personal que no disponga de las medidas preventivas adecuadas o no esté formado para la ejecución del trabajo.

5.9 OBLIGACIONES DEL PROMOTOR

El contratista y subcontratista serán considerados empresarios a los efectos previstos sobre prevención de riesgos laborales. En fase de ejecución de la obra será recomendable la figura de un coordinador de subcontratistas.

Esta designación de un coordinador de Seguridad y salud no exime de responsabilidades al promotor.

5.10 COORDINACIÓN DE SEGURIDAD Y SALUD

La responsabilidad de coordinación y ejecución de la obra puede recaer sobre la misma persona, debiendo realizar las siguientes funciones:

- Coordinar y verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos de prevención y seguridad.
- Coordinar los trabajos entre las distintas empresas y personal de manera que se apliquen correctamente los requisitos establecidos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud realizado por el contratista. En caso de no estar de acuerdo con el mismo ,lo comentará con la el contratista para realizar las modificaciones pertinentes.
- Coordinar el control de los procedimientos de trabajo.
- Adoptar las medidas que sean necesarias para permitir, únicamente, la entrada de personal capacitado para los trabajos en obra.

5.11 OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS

Todos los contratistas y subcontratistas estarán obligados a aplicar los principios de acción preventiva recogidos en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales:

- Mantenimiento de la obra en un correcto estado de limpieza.
- Elección de las zonas de trabajo atendiendo a los dispositivos necesarios para la ejecución de la obra y el acceso a la misma.
- Mantenimiento, control previo y periódico de las instalaciones y dispositivos de seguridad.
- Delimitación y acondicionamiento de las zonas destinadas al almacenamiento y depósito de materiales, prestando especial atención a aquellos materiales que pudieran ser peligrosos.
- Almacenamiento y eliminación de todo residuo y escombros derivado de las acciones en obra.
- Recogida para el tratamiento adecuado de residuos y materiales peligrosos.
- Adecuación del tiempo de trabajo a las fases planteadas en el proyecto de ejecución.
- Cooperación y entendimiento entre todas las partes relacionadas a la obra.
- Cumplimiento, por parte de sus empleados, de lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.
- Informar y proporcionar instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos para el cumplimiento de la seguridad y salud.

- Responsabilizarse de las medidas preventivas fijadas en el Plan de Seguridad y Salud, respondiendo solidariamente de las consecuencias que deriven de una mala aplicación de dichas recomendaciones.

5.12 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS

Al igual que los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos estarán obligados al cumplimiento de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, en particular:

- Mantenimiento de la obra en correcto estado de orden y limpieza.
- Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- Recogida de materiales peligrosos.
- Cooperación entre todas las partes involucradas en la obra.
- Interacciones e incompatibilidades con otro trabajo o actividad.

Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1.997.

- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de su actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1.997.

- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1.997.
- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del Coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

5.13 DERECHOS DE LOS TRABAJADORES

Todos los contratistas y subcontratistas tendrán derecho a información adecuada de las medidas que se deben tomar para asegurar su seguridad individual y la colectiva.

Los representantes de los trabajadores deberán disponer de una copia del Plan de Seguridad y Salud, junto con posibles modificaciones, que le deberá facilitar el contratista.

5.14 PARALIZACIÓN DE TRABAJOS

En caso de que se incumplan las medidas de seguridad y salud fijadas, el coordinador deberá notificar al contratista de los fallos en los que se ha incurrido, dejándolo por escrito en un Libro de Incidencias.

En el caso de que estos fallos en la seguridad y salud puedan suponer un riesgo grave se deberá paralizar toda actividad que involucre ese riesgo, pudiendo ser precisa la paralización de la obra en caso de que conlleve más perjuicios adicionales.

5.15 NORMATIVA APLICABLE

A continuación, se muestra la normativa aplicable al presente Estudio Básico de Seguridad y Salud:

- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Decreto del 28/11/69 Reglamento Técnico de Líneas Eléctricas Aéreas de Alta Tensión. Decreto 2413/1973 del 20 de septiembre. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Ley 8/1980 de 20 de marzo. Estatuto de los Trabajadores.
- Real Decreto 3275/1982 Reglamento sobre Condiciones Técnicas y Garantías de Seguridad en Centrales Eléctricas, Subestaciones y Centros de Transformación, y las Instrucciones Técnicas Complementarias.
- Real Decreto Legislativo 1/1994, de 20 de junio. Texto Refundido de la Ley General de la Seguridad Social.
- Real Decreto 39/1995, de 17 de enero. Reglamento de los Servicios de Prevención. Real Decreto 485/1997 en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1995 relativo a la manipulación manual de cargas que entrañe riesgos, en particular dorso-lumbar, para los trabajadores.
- Real Decreto 773/1995 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección personal.
- Real Decreto 1215/1997 relativo a la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997, de octubre. Disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Ordenanza de Seguridad e Higiene en el trabajo año 1971, capítulo VI.

- Cualquier otra disposición sobre la materia actualmente en vigor o que se promulgue durante la vigencia de este documento

6 PLIEGO DE **CONDICIONES**

ÍNDICE:

6	PLIEGO DE CONDICIONES.....	218
6.1	OBJETO	221
6.2	CONDICIONES FACULTATIVAS	221
6.2.1	Técnico Director de Obra	221
6.2.2	Constructor o instalador	222
6.2.3	Verificación de los documentos del proyecto	223
6.2.4	Plan de Seguridad y Salud en el trabajo	223
6.2.5	Presencia del constructor o instalador en la obra	223
6.2.6	Trabajos no estipulados expresamente.....	223
6.2.7	Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones	224
6.2.8	Faltas de personal	224
6.2.9	Replanteo	224
6.2.10	Ritmo de ejecución de los trabajos	225
6.2.11	Facilidades para otros contratistas.....	225
6.2.12	Ampliación del proyecto	225
6.2.13	Prórroga por causas de fuerza mayor	225
6.2.14	Responsabilidad por retrasos	226
6.2.15	Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	226
6.2.16	Obras ocultas.....	226
6.2.17	Trabajos defectuosos.....	226
6.2.18	Vicios ocultos.....	227
6.2.19	Procedencia de los materiales	227
6.2.20	Anuncios y carteles.....	227
6.2.21	Libro de órdenes.....	227
6.2.22	Documentación final de la obra.....	227
6.2.23	Plazo de garantía.....	228
6.2.24	Conservación de las obras.....	228
6.2.25	Recepción definitiva.....	228
6.2.26	Prórroga del plazo de garantía.....	228
6.3	PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS.....	229
6.3.1	Instalaciones eléctricas	229
6.3.2	Sistemas de instalación	231
6.3.3	Exigencias fotométricas	232
6.3.4	Red de tierra	232

6.3.5	Reactancias y condensadores	233
6.3.6	Centro de transformación.....	233
6.4	CONDICIONES ECONÓMICAS	237
6.4.1	Composición de los precios unitarios	237
6.4.2	Precios contradictorios.....	237
6.4.3	Reclamaciones de aumento de precios	238
6.4.4	Revisión de los precios contratados.....	238
6.4.5	Acopio de materiales	238
6.4.6	Bajo rendimiento de los trabajadores.....	238
6.4.7	Relaciones valoradas y certificaciones.....	238
6.4.8	Mejoras de obra libremente ejecutadas	239
6.4.9	Abono de trabajos presupuestados con partida alzada.....	239
6.4.10	Pagos	240
6.4.11	Indemnización por retraso.....	240
6.4.12	Demora de los pagos.....	240
6.4.13	Mejoras y aumentos de obra.....	240
6.4.14	Seguro de las obras.....	241
6.4.15	Conservación de la obra	241
6.4.16	Uso del edificio	241

6.1 OBJETO

En el siguiente pliego de condiciones, junto con el pliego de condiciones que pueda establecer la propiedad, registrará las obras de instalación eléctrica del complejo deportivo ubicado en la localidad de Santa Cruz de Bezana (Cantabria).

6.2 CONDICIONES FACULTATIVAS

6.2.1 Técnico Director de Obra

El trabajo del Técnico Director será:

- Asistencia a obra las veces que sea requerido debido a problemas que requieran soluciones complejas. Deberá impartir las órdenes que sean necesarias para la resolución de los problemas.
- Aprobar las certificaciones particulares de la obra, liquidación final y asesorar al promotor.
- Redacción del estudio de los sistemas adecuados a los riesgos de trabajo en la obra y aprobación del Plan de Seguridad y Salud.
- Replanteo de la obra con su informe correspondiente.
- Comprobación de los sistemas de seguridad y salud y de posibles instalaciones provisionales de almacenamiento o trabajo durante la obra.
- Ordenar y dirigir la ejecución de la obra en base a las técnicas y reglas de buena construcción.
- Realizar pruebas o ensayos que sean necesarios para garantizar la calidad y seguridad de las instalaciones. Todo ello cumplirá con el plan de control estipulado para el muestreo en base a la frecuencia que sea precisa. El Constructor deberá ser informado de los resultados de estas pruebas para poder tomar las decisiones oportunas.

- Realizar las mediciones en obra y dar conformidad según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación de la obra.
- Suscribir el certificado final de la obra.

6.2.2 Constructor o instalador

Las competencias del constructor o instalador son:

- Organización de los trabajos, redactando los planes de obra, proyectando y autorizando instalaciones provisionales y medios auxiliares.
- Elaboración del Plan de Seguridad y Salud de la obra en base a los trabajos a desarrollar y disposición de las medidas preventivas que argumenta dicho plan de Seguridad.
- Suscribir con el Técnico Director el acta de replanteo de la obra que se comentaba en el apartado anterior.
- Dirección y coordinación del personal que intervenga en la obra.
- Comprobación de la validez y calidad de los materiales y elementos constructivos para la construcción de la obra o instalación. En caso de que no se pueda garantizar la calidad de un material o sea defectuoso se procederá al rechazo de dicho material por el no cumplimiento de las normas de aplicación.
- Realizar las certificaciones particulares de la obra y propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción.
- Concretar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.

6.2.3 Verificación de los documentos del proyecto

Previamente al comienzo de las obras, el Instalador verificará por escrito la correcta aportación de la documentación necesaria para la consecución de la obra. En caso de no disponer de toda la documentación deberá solicitarla con las aclaraciones que precisen.

Todos estos documentos deberán registrarse bajo la normativa específica vigente en el momento de aplicación de los mismos.

6.2.4 Plan de Seguridad y Salud en el trabajo

El constructor o instalador presentará el Plan de Seguridad y Salud de acuerdo con el Estudio Básico de Seguridad de Salud con aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

6.2.5 Presencia del constructor o instalador en la obra

El instalador deberá comunicar la persona designada como delegado de obra, que será sobre el que recaerá la representación del instalador en obra, siendo el Jefe de la misma. Tendrá dedicación plena en obra y adoptará en todo momento las decisiones que sean de su competencia y atañen a la contrata.

El incumplimiento de la esta obligación puede dar pie a la paralización de las obras, sin derecho a reclamación hasta que se subsane la deficiencia.

El Jefe de obra deberá estar presente en la jornada de trabajo, si no es así, lo hará por medio de la representación de técnicos cualificados que acompañarán al Técnico Director en las visitas a la obra. Deberán realizar o aportar las mediciones y certificaciones que el Técnico Director considere necesario revisar.

6.2.6 Trabajos no estipulados expresamente

La contrata deberá mantener un buen aspecto y construcción de las obras aunque no se redacte expresamente en el Proyecto. Será controlado por el Técnico Director, quien se fundamentará en los presupuestos para cada tipo de obra y ejecución.

El contratista, en base a lo justificado por la Dirección Facultativa, pondrá a disposición los planos de las instalaciones realizadas en obra junto con sus modificaciones actualizadas en base a la instalación real.

Además, deberá entregar las autorizaciones pertinentes expedidas por las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc.

Toda posible multa, alumbrado, licencias municipales correrá a cuenta del Contratista hasta la finalización del proyecto.

6.2.7 Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones

En caso de que sea pertinente la modificación de los Pliegos de Condiciones, planos, planificaciones o instrucciones de trabajo, se comunicará por escrito al Constructor o Instalador. Este deberá comunicar por escrito su conocimiento acerca de estas modificaciones y entregará aquellos planos y documentos que hayan quedado obsoletos.

En caso de ser precisa una reclamación se permitirá su realización en un tiempo máximo de tres días. Si el Instalador necesitara la interpretación del Técnico Director este se pondrá a su disposición para garantizar la correcta interpretación y ejecución del proyecto.

6.2.8 Faltas de personal

En caso de negligencia o desobediencia de los trabajadores que pueda derivar en daños, retrasos o riesgo en obra, el Contratista deberá apartar a dicho trabajador si así se lo requiere el Técnico Director.

Si no se dispone del personal necesario para el cumplimiento del plan de trabajos, el Contratista podrá subcontratar a otras contratistas industriales siempre y cuando cumplan con el Pliego de Condiciones Particulares.

6.2.9 Replanteo

El replanteo deberá ser aprobado por el Técnico Director, quien deberá redactar un acta junto con plano. La omisión de este trámite correrá por cuenta del Constructor.

Las mejoras o variaciones del proyecto deberán quedar por escrito por el Director de obra y estipulando el precio antes de su ejecución. Podrán ser realizadas por personal independiente del Contratista.

6.2.10 Ritmo de ejecución de los trabajos

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo establecido en el Pliego de Condiciones Particulares y se encargará del cumplimiento del ritmo de trabajo para que todas las instalaciones se desarrollen de acuerdo con los plazos establecidos en el contrato.

El Técnico Director deberá ser informado por escrito tres días antes del comienzo de las obras. El encargado de esta notificación será el Contratista.

6.2.11 Facilidades para otros contratistas

El Contratista deberá facilitar la realización de los trabajos en los que participe, ya sea individualmente o en los que colaboren varias subcontratas.

En caso de disputa por la realización de trabajos y posterior compensación económica de los mismos, correrá por cuenta de la Dirección Facultativa la elección del Contratista.

6.2.12 Ampliación del proyecto

En caso de ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor no se deberán paralizar los trabajos. El Técnico Director se responsabilizará de la continuación de los trabajos en vistas de la formulación y tramitación del Proyecto Reformado.

Si fuese necesario la realización de apeos o cualquier tipo de obra con carácter urgente, correrá por cuenta del Constructor la realización de los mismos.

6.2.13 Prórroga por causas de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor el Instalador no puede comenzar la obra, tuviese que suspenderla o no fuera posible el cumplimiento de los plazos, se le deberá proporcionar una prórroga para la realización de los trabajos. El Técnico Director será informado por el

Instalador por medio de un escrito justificando las causas por las que no se puede proporcionar el cumplimiento de los trabajos.

6.2.14 Responsabilidad por retrasos

El incumplimiento de los plazos por parte del Contratista no podrá estar basado en la insuficiencia de planos para la realización de la obra o instalación.

Únicamente se eximirá de dicha condición en caso de haber solicitado previamente y por escrito la necesidad de dichos planos y no se les hayan sido proporcionados.

6.2.15 Condiciones generales de ejecución de los trabajos

No se permitirá la realización de trabajos que no figuren en el Proyecto, replanteos o modificaciones posteriores hasta que hayan sido aprobadas por escrito por el Técnico Director.

6.2.16 Obras ocultas

Todos los trabajos que deban quedar ocultos a la finalización del proyecto deberán ser recogidos en plano para que queden perfectamente definidos. Deberán disponer de esta documentación el Técnico Director, la Propiedad y el Contratista y deberán firmarlo.

6.2.17 Trabajos defectuosos

El Instalador deberá realizar los trabajos con la mayor calidad posible y garantizando el cumplimiento del Pliego de Condiciones.

En caso de realización de trabajos defectuosos que puedan resultar del uso de materiales de mala calidad, mala gestión o incompetencia en la realización de los trabajos, recaerá bajo el Técnico Director la responsabilidad de control y calidad de obra.

En vistas de esta responsabilidad, si el Técnico Director advierte de la presencia de defectos en la obra o el uso de materiales defectuosos, podrá advertir a la contrata de los mismos y estimar la necesidad de reacondicionamiento. Si la contrata se negase quedaría a resolución de la Propiedad.

6.2.18 Vicios ocultos

Si el Técnico Director sospechará de la existencia de cualquier vicio oculto, podría determinar la realización de cualquier tipo de ensayo para garantizar la calidad de la instalación. Si se diese la existencia de estos vicios ocultos correrían por cuenta del Instalador.

6.2.19 Procedencia de los materiales

El Instalador dispondrá de libertad para hacerse acopio de materiales y aparatos que utilizará en la instalación si no figura en el Pliego Particular de Condiciones Técnicas.

Deberá hacer constancia al Director Técnico de dicha lista de materiales, su procedencia y la calidad de los mismos.

Una vez disponga del visto bueno de este último, el Instalador podrá trasladarlos y ordenarlos en obra. Serán retirados cuando el Técnico Director lo considere necesario.

6.2.20 Anuncios y carteles

Durante la realización de los trabajos no se podrán disponer en obra anuncios ni carteles publicitarios si no se dispone de autorización.

6.2.21 Libro de órdenes

Las órdenes de la Dirección Facultativa quedarán recogidas en un Libro de Órdenes que se encontrarán en la caseta de obra. El Instalador o Contratista deberá firmar estos documentos para informar de su conocimiento sobre los trabajos que se deben realizar.

6.2.22 Documentación final de la obra

EL Técnico Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

6.2.23 Plazo de garantía

Durante el período de garantía el Contratista deberá corregir los defectos observado en la instalación y reparará las averías que hayan podido ocasionar. Estos trabajos no serán indemnizados por la Propiedad.

El incumplimiento de disposiciones legales que pudieran afectar a terceros será responsabilizado por el Contratista y no por la Propiedad durante la obra o por causa de vicios ocultos.

6.2.24 Conservación de las obras

Durante el período de proyecto el Contratista se hará responsable de las reparaciones de las averías que pudieran darse durante su ejecución.

Esta responsabilidad quedará eximida una vez se haga entrega del proyecto a la Propiedad. Los gastos derivados de estas reparaciones correrán por cuenta del Contratista.

6.2.25 Recepción definitiva

Se considera la recepción definitiva a la entrega del proyecto una vez ha transcurrido el año de garantía. En este momento el Constructor quedará eximido de obligación de reparaciones por desperfectos en las instalaciones. Si bien, mantendrá la responsabilidad de ejecución de la obra o instalación.

El Instalador deberá retirar la maquinaria y herramientas en el plazo fijado en el Pliego de Condiciones Particulares. También estará obligado a dejar las instalaciones en condiciones óptimas para el desarrollo de otros trabajos.

6.2.26 Prórroga del plazo de garantía

Si en el momento de la recepción definitiva del proyecto se diese el caso de que se mantiene la existencia de vicios ocultos o no se ha procedido a la reparación de todas las averías, se optará por una prórroga de la fecha de recepción de obra. En su defecto, se hará cuenta de la fianza acordada con el Contratista.

6.3 PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Todos los materiales e instrumentos que queden recogidos en el proyecto deberán ser empleados en obra. Si el Contratista deseara emplear otros deberán disponer de características similares y disponer de autorización.

El Contratista deberá de disponer de los medios necesarios para la realización de los trabajos, en su defecto deberá subcontratar y no interrumpir los plazos de obra.

6.3.1 Instalaciones eléctricas

6.3.1.1 Dispositivos generales e individuales

Todos los dispositivos de protección y mando de los circuitos estarán a una altura comprendida entre 1 y 2 metros respecto del suelo.

Estos dispositivos de protección serán estancos y sus envolventes cumplirán con las normas UNE 20.451 y UNEEN 60.439 – 3.

El Instalador, a la hora de la instalación, deberá colocar una placa en la que se recoja el día que realizó la instalación, la marca comercial, su nombre y la intensidad nominal del interruptor general automático que lleva asignado.

Todas las masas deberán quedar protegidos por un dispositivo de protección al que serán conectados y a un conductor de protección con una toma a tierra.

6.3.1.2 Instalación interior

La caída de tensión máxima admisible será del 3% para el alumbrado y 5% para el resto de los usos. Para evitar corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y evitar así posibles desequilibrios en la red, la sección del neutro será igual que la de las fases en las instalaciones interiores de los edificios.

6.3.1.3 Aparatos de protección

Los interruptores automáticos generales serán de accionamiento manual o bobinado de disparo. Estarán capacitados para cortar la corriente máxima que pueda circular por ese tramo de la instalación. El corte no podrá dar lugar a posibles arcos eléctricos.

Su capacidad de corte será establecida en base a la corriente de cortocircuito máxima y a la corriente de magnetización, la cual determinará la curva que aplicar.

Por cada circuito se empleará un interruptor magnetotérmico, este deberá disponer en lugar visible su poder de corte, curva e intensidad nominal.

Por el contrario, se podrá agrupar hasta cinco interruptores magnetotérmicos por diferencial, generando la apertura de todos los circuitos en caso de fallo en uno de ellos.

6.3.1.4 Identificación de los conductores

Para facilitar la identificación de los conductores se emplearán conductores aislantes de colores de tal forma que sea sencillo diferenciar las fases del neutro y conductor de protección. De acuerdo con esto, se empleará el color azul para el neutro y el amarillo y verde para el conductor de protección.

Para los conductores de fase se empleará color negro, marrón y gris.

6.3.1.5 Subdivisiones de las instalaciones

Se deberá realizar la instalación de forma que en caso de avería en una parte de la instalación no se vea afectada la totalidad de la misma. Por ello, los distintos edificios quedarán suministrados por distintos cuadros secundarios en los que al menos uno de ellos irá conmutado al grupo electrógeno.

Esta subdivisión de los circuitos se realizará para:

- Evitar interrupciones y limitar consecuencias de fallo.
- Facilitar el mantenimiento y ensayo de las instalaciones.
- Evitar riesgos derivado de un único sistema de alimentación.

6.3.1.6 Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

La sensibilidad que presenten los diferenciales deberá ser superiores a las corrientes de fuga que se puedan dar en la instalación derivados de fallos en el sistema.

No se empleará la misma sensibilidad para los cuadros secundarios que para el Cuadro General de Baja Tensión.

6.3.1.7 Conexiones eléctricas

Los circuitos quedarán unidos por medio de los sistemas de bornes de conexión adecuados, de ninguna manera se permitirá el retorcimiento de conductor como medio de empalme. Del mismo modo, deberán realizarse en los cuadros de empalme.

En el proceso de conexión o empalme no se podrá trabajar con tensión.

6.3.2 Sistemas de instalación

No se permitirá el uso de cables menores de 450/750 V de tensión asignada. Los tubos podrán ser metálicos, rígidos o flexibles, pero deberán cumplir con las siguientes características:

- Resistencia a la compresión.
- Resistencia al impacto.
- Resistencia al curvado.
- Resistencia a la penetración del agua.

El diámetro exterior de los tubos, al igual que la sección de los cables conductores queda regulada en la ITC-BT-21 distinguiendo entre los distintos tipos de instalación. A la hora de trazar las canalizaciones se deberá cumplir:

- El trazado de las canalizaciones deberá mantener un trazado horizontal, vertical o paralelo a una pared o arista de referencia.
- Los tubos se unirán por medio de elementos que garanticen la estanqueidad y protección de los conductores. En este caso se emplearán arquetas estancas.

- La conexión de los conductores se realizará en las arquetas o conexiones de registro que se comentaba anteriormente.
- Todo tubo o canalización metálica deberá ser puesta a tierra.
- No podrán emplearse tubos metálicos para la protección del neutro.
- Todos los tubos deberán adaptarse a la superficie sobre la que se debe colocar.
- En el caso de los edificios, los tubos y conductores de deberán disponerse a una altura mínima de 2,5 metros sobre el nivel suelo, salvo para las tomas de corriente que no será necesario.

6.3.3 Exigencias fotométricas

Una vez se haya finalizado la instalación se deberán comprobar los niveles de iluminación y uniformidades. Estas medidas se realizarán con un luxómetro de coseno y color corregido.

La comprobación de estos valores se realizará a los 30 días de la puesta en servicio, siendo válidos los resultados que no sean inferiores al 90% de los calculados. En caso de encontrarse entre el 85% y 90% se penalizará al Contratista con el 10% de la instalación afectada. Si es inferior, no se aceptará la instalación hasta que se cumpla con estos parámetros.

6.3.4 Red de tierra

El valor de la resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a superar los 24/50 V. El conductor de protección en las instalaciones interiores será de la misma sección que las fases mientras que para el alumbrado exterior se deberá emplear, como mínimo un cable de protección de 16 mm² de sección.

Todas las uniones de las picas con el conductor principal de puesta a tierra se realizarán cuidadosamente y por medio de grapas, además deberán estar enterradas a una profundidad de 0,8 metros respecto el nivel del suelo.

6.3.5 Reactancias y condensadores

Estos aparatos deberán cumplir las siguientes características:

- Visibilidad por medio de placa del nombre de fabricante, tensión, intensidad y potencia nominal.
- Estarán protegidas contra influencias magnéticas.
- La capacidad del condensador será tal que el coseno de la instalación no sea inferior a 0,9 en ningún momento.
- No debe producir vibraciones.
- Las piezas en tensión no podrán ser accesibles a un contacto.

6.3.6 Centro de transformación

6.3.6.1 Aparamenta de Media Tensión

Bajo recomendaciones de la compañía suministradora, las celdas serán prefabricadas, con envolvente metálica y utilizarán hexafluoruro de cobre.

Esto permitirá un aislamiento de la celda respecto a la polución y humedad. Además, el corte que ejercerá será más seguro que cuando se emplea aire.

La disposición será modular, de forma que en caso de avería no sea necesario la retirada de todas las celdas.

6.3.6.2 Transformador

El transformador será trifásico de aceite y con el secundario accesible.

6.3.6.3 Equipos de medida

El Centro de Transformación dispondrá de dispositivos de medida en MT para poder así medir la energía que es suministrada por la compañía distribuidora.

Las maniobras se realizarán en el siguiente orden: primero se conectará el interruptor/seccionador de entrada. A continuación, se conectará la aparamenta de conexión siguiente hasta llegar al transformador, con lo cual tendremos a éste trabajando para hacer las comprobaciones oportunas.

El mantenimiento consistirá en la limpieza, engrasado y verificado de los componentes fijos y móviles de todos aquellos elementos que fuese necesario.

6.3.6.4 Puesta a tierra

Es imprescindible el conexionado del Centro de Transformación a su puesta a tierra de protección y de servicio.

A esta primera puesta a tierra de protección se unirán:

- Masas de Alta Tensión.
- Masas de Baja Tensión.
- Pantallas metálicas
- Cuba metálica del transformador.
- Bornes de tierra de los detectores de tensión.

6.3.6.5 Normas de ejecución

Todos los materiales, aparatos, disposición y maquinaria se realizan de acuerdo con las especificaciones de la compañía distribuidora y por ello, cumplen con las especificaciones técnicas de obligado cumplimiento impuestas por el Ministerio de Industria y Energía.

En base a esto la instalación se deberá realizar con lo estipulado en los cálculos y el presupuesto salvo que la Dirección Facultativa imponga lo contrario.

6.3.6.6 Pruebas y comprobaciones

Se deberá someter a las celdas a las siguientes pruebas:

- Operación mecánica.
- Dispositivos auxiliares, hidráulicos, neumáticos y eléctricos.
- Verificación del cableado.
- Ensayo a frecuencia industrial.
- Ensayo dieléctrico.
- Ensayo de onda de choque.
- Verificación del grado de protección.
- Verificación de la acidez y rigidez dieléctrica del aceite del transformador.

Del mismo modo, la puesta a tierra del centro de transformación también será verificada.

6.3.6.7 Puesta en servicio y desconexión

Para la puesta en servicio del centro se deberá seguir el siguiente orden:

- Conexión del Seccionador.
- Interruptor automático de alta tensión.
- Interruptor general de baja tensión.

Para la desconexión:

- Interruptor general de Baja Tensión.
- Interruptor automático de Alta Tensión.
- Seccionador.

6.3.6.8 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

No se permitirá la entrada de personal no cualificado al centro de transformación, de hecho, se encontrará cerrado con llave para impedir esto.

No se permitirá el su uso como lugar de almacenamiento, es decir, únicamente se dispondrán los elementos precisos para su funcionamiento y mantenimiento.

Se dispondrá de las señalizaciones y advertencias necesarias. Al igual que con los elementos de seguridad, deberán disponer de una revisión periódica.

Las celdas deberán incorporar una placa con las siguientes características:

- Nombre del fabricante.
- Año de fabricación.
- Intensidad nominal.
- Frecuencia nominal.
- Intensidad nominal de corta duración.
- Número de serie.

Para las celdas de hexafluoruro de azufre se dispondrá de un manómetro para la comprobación de la presión del gas.

6.3.6.9 Cuadro General de Baja Tensión

Las medidas del Cuadro General de Distribución serán las que se estipulan en el presente proyecto con el fin de poder incorporar la totalidad de las protecciones que son necesarias en cada uno de los circuitos.

Se situará cercano al secundario del transformador para reducir la caída de tensión.

6.3.6.10 Certificados y documentación

Para que este Proyecto pueda ser tramitado por organismos del Estado se deberá aportar la siguiente documentación:

- Autorización Administrativa.
- Proyecto.
- Certificado de tensiones de paso y contacto.

- Contrato de mantenimiento.
- Estado de conformidad por parte de la compañía suministradora.

6.4 CONDICIONES ECONÓMICAS

6.4.1 Composición de los precios unitarios

A la hora de la realización del presupuesto se calculan los precios atendiendo a los costes directos, indirectos, gastos generales y beneficio industrial.

Dentro de los costes directos se encuentran:

- La mano de obra y sus seguros sociales.
- Los materiales, equipos, sistemas de seguridad y salud.
- Gastos de suministro eléctrico, combustible, agua, etc.
- Gastos de amortización y conservación de la maquinaria.

Como costes indirectos se reconoce a toda instalación independiente de la estipulada en el proyecto cuya función sea meramente funcional durante el periodo de ejecución de la obra.

Dentro de los gastos generales se encuentran los gastos de empresa, financieros, cargas fiscales, tasas, etc.

El beneficio industrial del contratista se establece en un 10% del total de la suma de las anteriores partidas. La suma de todas se reconocerá como el precio de ejecución material.

6.4.2 Precios contradictorios

La aparición de precios contradictorios únicamente se dará cuando la Propiedad modifique las unidades, calidad de materiales o materiales que se van a emplear. En ese caso el Contratista deberá informar al Técnico Director y a realizar las modificaciones pertinentes.

6.4.3 Reclamaciones de aumento de precios

En caso de que el Contratista no reclame los precios de los materiales en el período fijado, no podrá realizar reclamación alguna de los precios que atañen al presupuesto presente en este documento.

6.4.4 Revisión de los precios contratados

En caso de que el coste estipulado en el presupuesto supere el 5% de su total, se procederá a su actualización por medio de los medios establecidos en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia.

Únicamente se revisarán aquellos precios que queden dentro de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

6.4.5 Acopio de materiales

El Contratista deberá almacenar debidamente los materiales comprados por la Propiedad, siendo de su responsabilidad su correcta conservación.

6.4.6 Bajo rendimiento de los trabajadores

El Técnico Director deberá mantener un control del rendimiento de los trabajadores por medio de los partes de trabajo realizados. En caso de que no se esté trabajando a ritmos habituales, el Técnico Director se lo expresará por escrito al Instalador.

Este último deberá advertir a sus trabajadores de los malos resultados obtenidos y seguir las indicaciones marcadas por el Técnico Director para recuperar el ritmo de trabajo habitual.

Si los trabajos no se realizan a ritmo a partir de que el Instalador haya sido informado y se lo haya notificado a sus trabajadores, la Propiedad quedará habilitada para retirar el 15% de la diferencia la cual debería abonarle al Constructor en las liquidaciones quincenales.

6.4.7 Relaciones valoradas y certificaciones

Todos los trabajos realizados por el Instalador deberán realizarse bajo los plazos establecidos en el Pliego de Condiciones Particulares y deberán ser ponderadas por medio de mediciones

cuantitativas. Todos estos trabajos se deberán ajustar al presente presupuesto y atendiendo al Pliego General de Condiciones Económicas.

Todas estas mediciones las facilitará el Técnico Director al Instalador. Este último dispondrá de diez días para la revisión de las mediciones aportadas con las aclaraciones que sean precisas para una correcta interpretación.

Una vez que los trabajos han sido verificados el Contratista podrá reclamar a la Propiedad el pago de los trabajos realizados. En caso de que el Contratista no se encontrase de acuerdo con las mediciones y valoraciones realizadas por el Técnico Director deberá dar parte a la Propiedad y esta decidirá si abonar o no las cantidades fijadas.

6.4.8 Mejoras de obra libremente ejecutadas

Todas las decisiones no ajustadas al tipo de materiales señalados en el Proyecto, sus dimensiones y calidad, que puede tomar el Contratista no correrán por cuenta de la Propiedad si el Técnico Director no considera que se han logrado los mismos resultados que en el Proyecto.

Por tanto, la realización de trabajos con materiales de mayor calidad está permitida siempre y cuando estén sujetos a las características del proyecto.

6.4.9 Abono de trabajos presupuestados con partida alzada

Para el abono de trabajos presupuestados con partidas al alza se deberán tener en cuenta los siguientes aspectos.

- Si hay existencia de precios contratados para unidades de obra iguales, aquellas que han sido presupuestadas al alza deberán ser abonadas, previa medición y aplicación.
- Si hay existencia de precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán partidas de precios contradictorios para las unidades que disponen de partida alzada y se deducirán de los similares contratados.
- En caso de no existencia de precios contratados para unidades de obra iguales o similares, se abonarán íntegramente al Contratista. Si el importe de esta partida debe ser

justificado porque es exigido en el Presupuesto, será el Técnico Director quien informe al Contratista, previamente a la realización de los trabajos, la necesidad de administración y recuento de los costes que pueda conllevar.

Si no se realiza esta administración, se convendrá el precio entre las partes en base al porcentaje expresado en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial.

6.4.10 Pagos

Todos los pagos los realizará la Propiedad bajo los plazos concretados y las cantidades asignadas serán correspondientes a las indicadas en las certificaciones emitidas por el Técnico Director.

6.4.11 Indemnización por retraso

La indemnización debida a retrasos en los plazos de finalización de los trabajos se ponderará sobre un tanto por mil del total del importe de los trabajos realizados.

La suma total de las distintas indemnizaciones se descontará y retendrán de la fianza.

6.4.12 Demora de los pagos

No se permitirá la resolución del contrato debido a demoras de pagos si el Contratista no lo justifica debidamente bajo las fechas, trabajo y Presupuesto concretado.

6.4.13 Mejoras y aumentos de obra

Salvo previa ordenanza del Técnico Director no se permitirá la mejora de las obras. Estas mejoras de calidad o materiales deberán ser recogida por escrito en caso de que el Técnico Director lo permita.

Antes de realizar dichas mejoras se concretará el importe total que pueda generar el uso de nuevos materiales, unidades de trabajo, etc.

6.4.14 Seguro de las obras

Durante la ejecución del Proyecto, el Contratista será el encargado de asegurar la obra hasta que se realice la entrega definitiva del Proyecto. El valor de este seguro será correspondiente al importe de los valores que el Contratista tiene asegurados.

En caso de siniestro el beneficiario será la Propiedad y el reintegro de esta cantidad al Contratista se realizará por medio de certificaciones de los trabajos que han sido afectados. No es válido el uso de este reintegro para la realización de trabajos que no han sufrido siniestro, pudiendo resolver el contrato el Instalador y siendo indemnizado por los daños causados (tasados por el Técnico Director).

Si los trabajos realizados se tratasen de una reforma o reparación se deberá asegurar únicamente la porción de los trabajos que se deben realizar. Si esto no se realiza se entenderá que debe ser asegurada toda la parte de la instalación afectada.

6.4.15 Conservación de la obra

El Técnico Director dispondrá de potestad para contratar y realizar las labores de limpieza que considere necesarias a la hora de hacer entrega del Proyecto a la Propiedad.

Todos estos gastos serán asociados a la cuenta del Contratista y deberá abandonar la obra una vez se dé por finalizada.

El Contratista deberá revisar la obra una vez que se finalice y no deberá mantener ningún tipo de herramienta que no sea necesaria para limpieza o mantenimiento.

6.4.16 Uso del edificio

Todos los lugares que sean ocupados por el Contratista deberán ser arreglados y limpiados antes de la entrega del Proyecto a la Propiedad.

El coste de estas labores de reacondicionamiento correrá por cuenta del Instalador, si este no se hace cargo de los mismos, el Propietario retirará de la fianza los costes que le han sido causados.

7 BIBLIOGRAFÍA

Anónimo. (ND). [https://www.mheducation.es/](https://www.mheducation.es/https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171489.pdf) Obtenido de <https://www.mheducation.es/bcv/guide/capitulo/8448171489.pdf>

Bribián, I. Z., Sastresa, E. L., Usón, A. A., García, A. M., Scarpellini, S., & Moreno, F. B. (ND). *El Ahorro Energético en el Nuevo Código Técnico de la Edificación*. Madrid: FC Editotial.

Calderón, A. G., & Vilarasa, J. F. (2012). *Iluminación con Tecnología LED*. ND: Paraninfo.

Cruz, C. G. (2001). https://www.sprl.upv.es/iop_elec_05.htm. Instituto de Captación Profesional.

Educación, M. d. (ND). <http://ares.cnice.mec.es>. Obtenido de http://ares.cnice.mec.es: http://ares.cnice.mec.es/gtm/web/index_es_resultado_final.php?num=236063|&Buscar=Celda%20de%20protecci%C3%B3n|&volver=Celda%20de%20protecci%C3%B3n&cual=0

Giménez, V. B., Cabanes, N. C., López, J. M., Antón, A. M., & Villa, R. M. (ND). *Luminotecnia: Cálculo según el método del punto por punto*. Valencia: Construcciones Arquitectónicas.

González, F. B., Romera, E. G., Montero, M. I., & Cadaval, E. R. (2012). *Fundamentos de Instalaciones Eléctricas*. ND: Garceta.

Iberdrola, G. (2019). *Especificaciones particulares para el diseño de puestas a tierra para centros de transformación de tensión nominal menor a 30 kV*.

Martín, B. S., & Velasco, S. d. (2005). *Operario de Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión*. Madrid: Thomson.

ND. (ND). [Wordpress.com](https://clasesiluminacion.files.wordpress.com/2014/11/clases-iluminacion-metodo-lumen.pdf). Obtenido de <https://clasesiluminacion.files.wordpress.com/2014/11/clases-iluminacion-metodo-lumen.pdf>

Sánchez, S. M. (2015). *Eficiencia energética en las instalaciones de iluminación interior y alumbrado exterior*. ND: Editorial Elearning.

Valencia, U. P. (ND). *www.sprl.upv.es*. Obtenido de https://www.sprl.upv.es/iop_elec_04.htm

Valencia, U. P. (ND). *www.sprl.upv.es*. Obtenido de https://www.sprl.upv.es/iop_elec_05.htm

VIESGO. (2017). *Proyecto tipo de centros de transformación en edificio prefabricado*.

VIESGO. (2018). *Normas particulares para las instalaciones de enlace para el suministro de Baja Tensión*.

BOE – 326: Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e ITC

Código Técnico de Edificación

Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión

UNE 12.193: Iluminación de instalaciones deportivas

UNE 12464.1: Norma europea sobre la iluminación de interiores

SOFTWARE EMPLEADO:

AutoCAD 2023

DIALux evo

DIALux 4.13

CYPELEC PV Systems

CYPE Architecture

CYPELEC REBT

Amikit 5.0