



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA


ETSI Aeroespacial y Diseño Industrial

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Aeroespacial
y Diseño Industrial

Diseño de la instalación eléctrica de una nave industrial
con suministro mediante energía solar fotovoltaica y red
eléctrica

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Minguet García, Mikel

Tutor/a: Hurtado Pérez, Elías José

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Diseño de la instalación eléctrica de una nave industrial con una potencia instalada de 300 kW con apoyo de energía solar fotovoltaica



Alumno: Mikel Minguet García

Tutor: Elías José Hurtado Pérez.

Curso académico 2023/2024

Dedicado a ese niño, que desde el momento que dieron a luz estaba destinado a ser alguien fuera de lo corriente. Porque nunca necesitó un cable neutro para ser una estrella, por vivir la ingeniería eléctrica con tanta intensidad y con un talento que fácilmente se puede “diferencial”

En definitiva: porque nunca perdió la chispa ni la ilusión.

En agradecimiento a:

- A mi madre, por su cariño y comprensión.
- A mi hermano, por incentivar me a ser más competitivo y exigente conmigo mismo.
- A mi abuelo, por ser un ejemplo de disciplina y constancia.
- Al resto de mi familia y amigos por su aprecio, compañía, cariño y ayuda en los momentos difíciles.
- A mi profesor del instituto Enrique. Un modelo a seguir como persona y profesional, a quién aspiro algún día a poder igualar como ser humano y como docente.
- A los profesores y profesoras que he tenido a lo largo de mi vida como estudiante, al fin y al cabo, la persona que soy y mis logros como profesional, son el fruto del trabajo de muchas personas, todas ellas merecen una parte de reconocimiento y palabras de agradecimiento por su excelente labor y por cuanto cariño y respeto recibo por su parte.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN EJECUTIVO	4
MEMORIA DESCRIPTIVA.....	5
Descripción general del proyecto	6
Alcance y objetivos a lograr	6
Ubicación	6
Justificación del proyecto.....	7
Justificación Académica.....	7
Justificación Ambiental	7
Justificación Económica.....	7
Planteamiento de las necesidades.....	8
Datos de origen.....	9
Transformador	9
Instalaciones de Alumbrado.....	19
Potencia Prevista	31
Diseño de canalizaciones.....	34
Tubos protectores.....	34
Diseño y dimensionamiento de las líneas	41
Protecciones	45
Instalación de puesta a tierra.....	48
Instalación fotovoltaica	51
CÁLCULOS.....	57
Dimensionado de las líneas:.....	58
Instalación fotovoltaica	74
Instalación eléctrica.....	94
ANEXOS: DIALUX	123
PLIEGO DE CONDICIONES	144
Pliego de condiciones técnicas.....	145
PRESUPUESTOS.....	161
Bibliografía.....	177
ANEXO: PLANOS	178

RESUMEN EJECUTIVO

Este proyecto se va a ejecutar en el polígono de Horno de Alcedo; una pedanía de la ciudad de Valencia. Consiste en el diseño y ejecución de la instalación eléctrica de dos naves industriales junto a una instalación solar fotovoltaica de apoyo.

El proyecto se desarrolla aplicando los conocimientos vistos en las asignaturas del grado, como puedan ser Energías Renovables e Instalaciones Eléctricas tanto de Baja como Alta Tensión.

El proyecto está formado por dos naves industriales, una dedicada a taller de reparación de vehículos y la otra a oficinas y almacén.

Se ha elaborado una propuesta técnica en la que partiendo de un centro de transformación compuesto por el transformador y la aparamenta de medida y protección, va a un cuadro general de distribución. Dividiendo las naves en zonas en base a los tipos receptores y su ubicación, se ha optado por emplear 6 cuadros secundarios, los cuales alimentarán los distintos receptores de las naves.

Se ha empezado con una estimación de los receptores y su correspondiente consumo para así realizar los cálculos de las secciones mínimas de los conductores y sus caídas de tensión. Finalmente obteniendo también los valores de las protecciones necesarias.

El cliente ha solicitado que se le diseñe e instale una instalación solar fotovoltaica conectada a red en el tejado de las naves con el fin de ahorrar energía y poder vender excedentes a la red. Partiendo de las curvas de consumo diarias, se ha elaborado un modelo que permite la máxima obtención de energía aprovechando al máximo el espacio disponible. Se ha obtenido una instalación formada por 630 paneles solares y 3 inversores de 100 kW que van a lograr un considerable ahorro energético y económico.

También se ha estudiado la velocidad de amortización de la instalación teniendo en cuenta el ahorro energético y la venta de excedentes.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

MEMORIA DESCRIPTIVA

Descripción general del proyecto

Alcance y objetivos a lograr

El propósito de este trabajo de fin de grado que se plantea es realizar la instalación eléctrica (las partes tanto de media como de baja tensión) de una nave industrial ubicada en el polígono de Horno de Alcedo en Valencia. También se va a diseñar una instalación de energía solar fotovoltaica conectada a red en el techo de la nave con el fin de, en la medida de lo posible, abastecer el consumo de energía en las principales horas del día, se va a analizar de manera técnica y económica con el objeto de demostrar los beneficios de una instalación de este tipo, para así incentivar la construcción de más instalaciones semejantes. La energía generada y no consumida será inyectada a la red y vendida.

El presente proyecto abarca empezando desde el centro de transformación, la línea desde la cual alimenta al cuadro general en baja tensión de la ya mencionada instalación y la también mencionada instalación solar fotovoltaica.

Ubicación

La nave industrial en la cual se va a realizar el proyecto, está situada en el polígono industrial de Horno de Alcedo, un barrio de Valencia.

Justificación del proyecto

Justificación Académica

La intención de este trabajo es afianzar los conocimientos adquiridos en las asignaturas a lo largo del grado, ampliar aquellos que puedan ser necesarios y aplicarlos a un caso práctico. De esta manera quedará reflejado el éxito del Grado en Ingeniería Eléctrica al ser capaz de realizar una instalación con estas características.

Cabe destacar que no es un proyecto real que se vaya a llevar a cabo, no obstante, el contenido y los pasos a realizar son extrapolables para la realización de una instalación que sí que lo sea.

Justificación Ambiental

Un motivo para la realización de este proyecto es el aspecto ambiental, se pretende incentivar a los usuarios demandantes de energía a instalarse paneles fotovoltaicos en los tejados y azoteas, con el fin de reducir así la dependencia de fuentes de energía de tipo fósil, apostando así por un modelo enfocado en las energías renovables.

Se ha optado por la energía fotovoltaica a causa de su simplicidad, lo común y habitual que es actualmente y por lo interesante que resulta desde el punto de vista productivo en un país como España. Los módulos fotovoltaicos se adaptan con gran facilidad a entornos urbanos, colocándose en tejados y azoteas, permitiendo que la energía se pueda consumir en el mismo lugar donde se produce, reduciendo así las pérdidas por transporte.

Justificación Económica

Hay que tener en cuenta el factor económico, pues este tipo de instalaciones resultan muy rentables por las siguientes razones:

- La cantidad de horas de luz que hay al cabo del año en España.
- La prolongada vida útil de los paneles y el resto de elementos empleados en la instalación.

-Una vez se ha pagado la instalación, apenas tiene un coste muy reducido de mantenimiento.

-Actualmente se han popularizado las “baterías virtuales”, que consisten en que los excedentes producidos, en lugar de ser vendidos a la red, son “almacenados” para ser consumidos en horas de menor producción.

Por todas estas razones, resulta muy atractiva la posibilidad de realizar una instalación fotovoltaica.

Planteamiento de las necesidades

El área del edificio es de alrededor de 1800 m², dividiéndose en aproximadamente dos mitades, la mitad derecha está destinada a las oficinas y a modo de almacén mientras que la mitad izquierda está dedicada al aparcamiento de los vehículos de los técnicos de la empresa y también a modo de taller para pequeñas reparaciones que se puedan necesitar llevar a cabo. También tiene un comedor y servicios para los mecánicos.

Si se entra desde el lado destinado a las oficinas, en el “hall”, en el lado izquierdo hay una habitación destinada a las secretarías y al equipo de recursos humanos, junto a esta sala se encuentra otra donde trabajan los equipos de contabilidad y administración. Hay dos cuartos de baño en esta planta. Hay una puerta que se separa esta zona del almacén.

Subiendo las escaleras hacia el primer piso se encuentra el área donde trabajan los ingenieros, rodeando esta área, alrededor de esta planta están los despachos de los jefes de sección, salas destinadas a reuniones y el despacho del CEO de la empresa, esta planta también cuenta con servicios.

Atravesando la puerta de la planta baja, está la sala destinada a almacén, hay equipos y estanterías para almacenar materiales para obras; como pueden ser bobinas de cables, tuercas, tornillos, recambios, etc...

En el mismo almacén, pasando una puerta hay una sala destinada a ejercer la función de comedor y unas escaleras que llevan al segundo piso donde también hay despachos de ingenieros dedicados a otras funciones.

Hay un total de 50 personas trabajando en el edificio, todas ellas con una mesa, ordenador y enchufes en su puesto, las salas principales cuentan con equipos de aire acondicionado.

La cubierta de la instalación es rectangular y completamente plana, lo cual facilita la instalación de los paneles fotovoltaicos.

Datos de origen

El suministro de la nave será trifásico, atendiendo a las necesidades de los distintos tipos de maquinaria. Se va a procurar repartir las cargas entre las fases con el fin de evitar posibles desequilibrios.

La potencia a suministrar ha sido calculada en base a las demandas transmitidas por la empresa.

Transformador

En base a las indicaciones extraídas de la guía del Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión (Garnacho Vecino, Simón Comín, Moreno Mohíno, & González Sanz, 2014), en la ITC- RAT 07 en el primer apartado se indica que los transformadores de potencia han de cumplir con las normas UNE-EN 60076.

Los transformadores trifásicos en baño de aceite y los de tipo seco para distribución en baja tensión hasta 2500 kVA y tensión primaria más elevada para el material de hasta 36 kV, cumplirán las normas aplicables correspondientes de la ITC-RAT 02.

El fabricante deberá entregar el correspondiente protocolo de ensayos realizado en cada transformador.

Consultando la norma UNE-EN 60076-1, en el apartado 5.1.2 “Valores preferentes de la potencia asignada”:

-Para los transformadores de hasta 20 MVA, los valores de potencia asignada se deberían tomar preferentemente de la serie R10 de la Norma ISO 3: 1973: *Números normales. Serie de números normales*:

(... 100, 125, 160, 200, 250, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, etc.) kVA

La instalación requiere de 300 kW de potencia, se ha escogido un transformador de 400 kVA por ser un modelo estandarizado para los fabricantes, de forma que es más fácil de encontrar, el modelo de 315 kVA, pese a ser válido resultaría más caro al no estar estandarizado y requerir de su fabricación expresa.

Con respecto al tipo de transformador (en baño de aceite o seco), se ha optado por un transformador en baño de aceite por las siguientes razones expuestas en los apuntes de la asignatura de Alta Tensión:

- Su precio unitario es menor.
- Menor nivel de ruido.
- Menores pérdidas de vacío.
- Mejor control de funcionamiento.
- Buen funcionamiento en atmósferas contaminadas y mayor resistencia a las sobretensiones y las sobrecargas prolongadas.

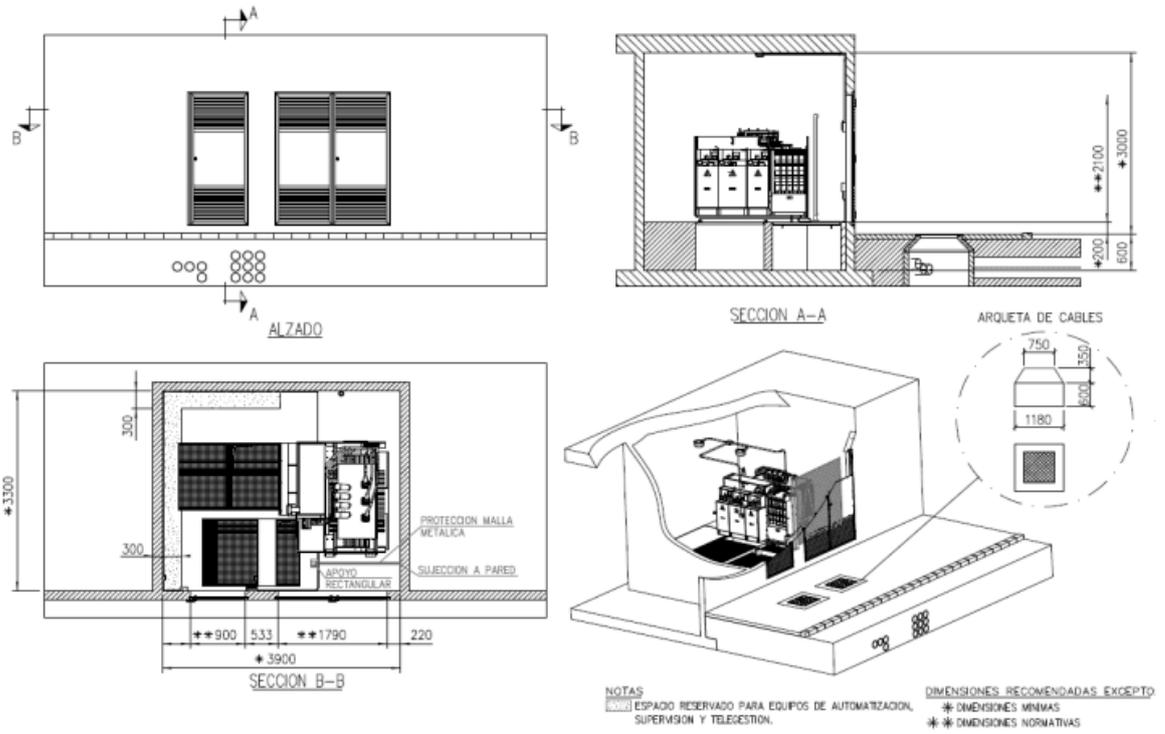
Para el caso de transformadores con aislantes líquidos, en la ITC-RAT 14, “Instalaciones eléctricas de interior”, en el apartado 5.1 se establece lo siguiente:

- Instalación de dispositivos de recogida del líquido dieléctrico en fosos colectores.

Si se utilizan aparatos o transformadores que contengan más de 50 litros de dieléctrico líquido, se dispondrá de un foso de recogida de líquido con revestimiento resistente y estanco, para el volumen total de líquido dieléctrico del aparato o transformador. En dicho depósito o cubeta se dispondrán cortafuegos tales como: lechos de guijarros, sifones en el caso de instalaciones con colector único, etc. Cuando se utilicen pozos centralizados, se dimensionarán para recoger la totalidad del líquido dieléctrico del equipo con mayor capacidad. Cuando se utilicen dieléctricos líquidos con punto de combustión igual o superior a 300°C será suficiente con un sistema de recogida de posibles derrames, que impida su salida al exterior.

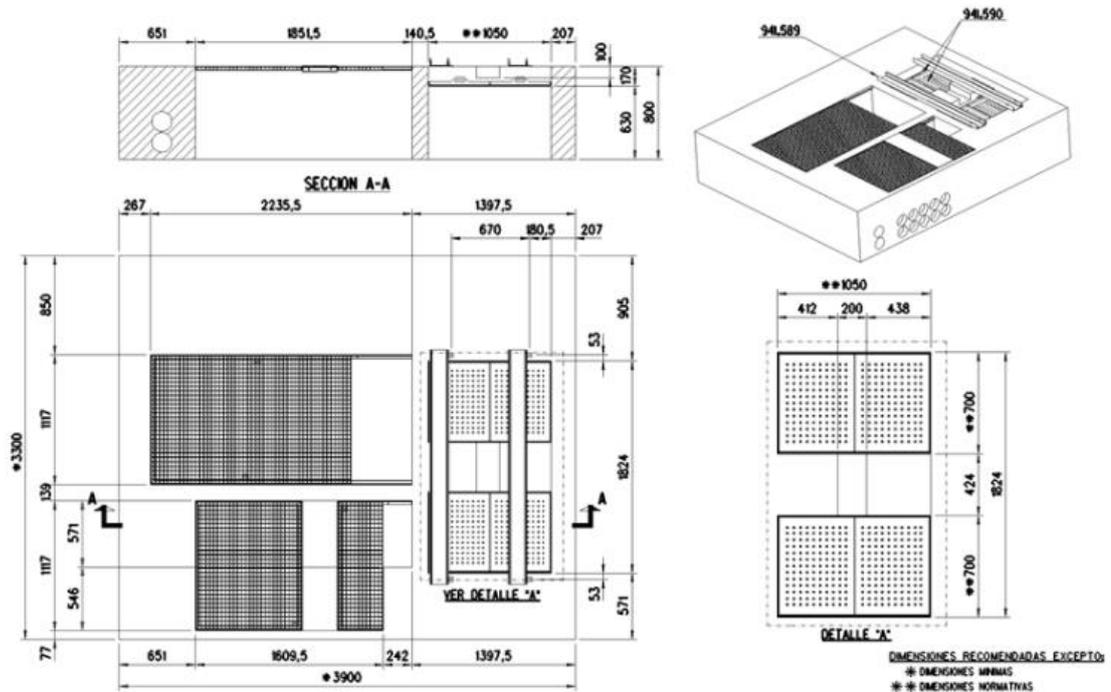
Para transformadores con aislamiento de aceite mineral de petróleo con potencia de al menos 25 kVA, se supera el límite de 50 litros de aceite y por ello se hace necesario la instalación de un pozo de recogida de aceite.

Para las dimensiones del foso, se han seguido las especificaciones de los planos 3 y 4 del manual técnico de Iberdrola 2.11.03 (19-05) "Proyecto tipo para centro de transformación en edificio de otros usos", donde se especifican las siguientes medidas que se han de cumplir:



Plano 3. CTCOU (Nº Plano i-DE 941.585)

Imagen 1 (Iberdrola, 2019)



Plano 4. Foso CTCOU (Nº Plano i-DE 941.586)

Imagen 2 (Iberdrola, 2019)

En base a las especificaciones del MT 2.11.03 (19-05), las dimensiones interiores mínimas que ha de tener el centro de transformación para cumplir el apartado 6 de la ITC-RAT-14, son:

- Altura mínima (m): 3 metros.
- Ancho mínimo (m): 5,1 metros.
- Fondo mínimo (m): 5,025 metros.

Para el diseño de las rejillas de ventilación del centro de transformación, el manual indica la siguiente fórmula:

$$S = \frac{P_{co} + P_{variables}}{0,24 * C_r * \sqrt{\Delta\theta_a^3 * H}}$$

Siendo:

-S: Sección de cada uno de los huecos para las rejillas de entrada y salida de aire en m^2 .

-Pco: Pérdidas constantes del transformador, en kW.

-Pvariables: Pérdidas variables nominales del transformador, en kW.

-Cr: Constante del diseño de rejilla, normalizada 0,4.

$-\Delta\theta_a$: Incremento de temperatura ambiente en el interior del transformador, normalmente se adopta $15^\circ C$

-H: Diferencia de altura entre centros de rejillas, en metros.

Consultando la norma UNE-EN 50708-2-1, para un transformador sumergido en líquido, con una potencia asignada de 400 kVA (considerando que se trata del tipo TIER2), le corresponden unas pérdidas debidas a la carga de 3250 W a $75^\circ C$ y unas pérdidas en vacío de 387 W.

Considerando una "H" de 2,2 metros, se calcula la sección:

$$S = \frac{3,25 + 0,387}{0,24 * 0,4 * \sqrt{15^3 * 2,2}} = 0,43966 m^2$$

Este valor es para la rejilla de entrada, se ha de buscar entre aquellos valores de sección que estén normalizados y escoger el inmediatamente superior.

En base a los apuntes de la asignatura de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión, se puede considerar que puesto que el aire al aumentar su temperatura, aumenta su volumen, la sección necesaria en las rejillas de ventilación superior o de salida del aire, deberá de ser ligeramente superior a la inferior, se puede definir este aumento por medio de:

$$S = 0,73 * S_{salida\ aire} (m^2)$$

Siendo la sección de salida:

$$\frac{0,43966 \text{ m}^2}{0,73} = 0,6022 \text{ m}^2$$

Puesto que las secciones de las rejillas están normalizadas, la diferencia entre las secciones de las rejillas de entrada y salida del aire, queda compensada por la normalización de las secciones de las mismas.

Según el apartado 4.4 de la ITC-RAT-14, se especifica:

Los huecos destinados a la ventilación deben estar protegidos de forma que impidan el paso de pequeños animales, cuando su presencia pueda ser causa de averías o accidentes y estarán dispuestos o protegidos de forma que, en el caso de ser directamente accesibles desde el exterior, no puedan dar lugar a contactos inadvertidos al introducir por ellos objetos metálicos. Deberán tener la forma adecuada o disponer de las protecciones precisas para impedir la entrada del agua de lluvia.

En los apuntes de la asignatura de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión se concreta han de proteger la entrada de pequeños animales y cuerpos sólidos de más de 12 mm de diámetro y que no pueden dar lugar a contactos inadvertidos con partes en tensión al introducir por ellas objetos metálicos de más de 2,5 mm de diámetro.

En cuanto a la protección externa del transformador frente a sobrecargas y cortocircuitos se presentan dos posibilidades: los fusibles y los relés de intensidad.

Para la presente instalación se ha optado por el fusible, por las razones que se encuentran en los apuntes de la asignatura de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión.

Los fusibles de MT son los únicos elementos de la aparamenta de MT, que además de poder cortar corrientes de cortocircuito, son capaces de limitarlas en su valor, debido a que pueden interrumpir la corriente en tiempos inferiores a un cuarto de periodo (5 ms a 50 Hz), y por lo tanto, la corriente no llega a su valor cresta (valor “presunto” según la denominación de las normas UNE).

Las tres reglas que siguen permiten definir, para un fusible dado, la horquilla de los valores de I_N de los transformadores que el fusible puede proteger:

$$I_{\text{Fusión}}(0,1 \text{ s}) > 12 * I_N \text{ del transformador}$$

$$1,4 I_{\text{Nominal Transformador}} < \text{calibre del fusible}$$

$$\frac{I_N}{U_{\text{cc}} \%} > I_3 \text{ (} I_3 = \text{Corriente mínima de corte, } I_3 = 2 \text{ a } 6 \text{ calibre del fusible)}$$

Tanto los fabricantes de fusibles, como las compañías de distribución eléctrica definen para cada transformador el fusible adecuado para la protección del mismo. Puesto que la compañía distribuidora principal donde se va a realizar el presente proyecto es Iberdrola, consultando la NI 75.06.31.2009 obtenemos que para una tensión de red de 20 kV y un transformador de 400 kVA, le corresponde un fusible de calibre 40 A.

En cuanto a la protección a la salida del transformador, se instalará un interruptor de corte en carga. La corriente nominal en el secundario del transformador se calculará mediante la fórmula:

$$I_{2N} = \frac{S_T}{\sqrt{3} * U_{20}} \text{ (A)}$$

Siendo:

- S_T = Potencia aparente del transformador en kVA

- U_{20} = Tensión secundaria compuesta en vacío en voltios

La corriente de cortocircuito a la salida del transformador se calculará mediante la fórmula:

$$I_{cc} = \frac{I_{2N}}{U_{cc}\%} \text{ (A)}$$

Siendo:

$-U_{cc}\%$ = Impedancia de cortocircuito (En base a la norma UNE 21428-1:2021, es del 4%).

Realizando los cálculos obtenemos los siguientes resultados:

$$I_{2N} = \frac{400 * 10^3 \text{ VA}}{\sqrt{3} * 420 \text{ V}} = 549,857 \text{ A}$$

$$I_{cc} = \frac{549,857 \text{ A}}{4 \%} = 13.746'425 \text{ A}$$

Se seleccionará, por tanto, un interruptor de corte en carga cuyos valores de intensidad nominal y de poder de corte, sean superiores a los aquí calculados. Los cables se llevarán del espacio destinado al centro de transformación al cuadro general de baja tensión mediante bandejas a través de la pared, pues el CGBT se encuentra al otro lado.

Lo último a analizar en cuanto al transformador se refiere, es el grupo de conexión. Conforme lo establecido en la norma UNE 21428-1 para transformadores en aceite, el grupo de conexiones de los transformadores de distribución será Dyn11 o Yzn11. Según (Garnacho Vecino, Simón Comín, Moreno Mohino, & González Sanz, 2014), se elegirá la conexión en el lado de alta en triángulo para las potencias asignadas superiores a 160 kVA para transformadores de aceite y en estrella para las inferiores.

Los transformadores Dyn son los transformadores de distribución más empleados, puesto que permiten extraer el neutro en el secundario (configuración en estrella) para entregar a los clientes conectados en baja tensión, un suministro monofásico y son más económicos que los transformadores Yzn11, ya que se pueden construir con un 15% menos de cobre.

Cuando aparezcan cargas no lineales que provoquen corrientes distorsionadas con contenido de tercer armónico o sus múltiplos, la configuración Dyn11 presenta ventajas frente a la Yzn11, ya que en estos últimos las corrientes del tercer armónico en el lado de baja tensión no pueden transferirse al lado de alta, al estar el neutro de la estrella sin conexión a tierra, provocando esta descompensación la circulación de un flujo magnético dando lugar a un sobrecalentamiento y unas pérdidas adicionales en el núcleo. Sin embargo, la configuración Dyn11 permite la circulación de las corrientes de tercer armónico evitando la creación de este flujo magnético por descompensación de corrientes entre primario y secundario. También, por este motivo se utiliza el Dyn11 en lugar del Yzn11, excepto para pequeñas potencias en las que el efecto del sobrecalentamiento es pequeño y la conexión en estrella presenta la ventaja de requerir $\sqrt{3}$ menos espiras en el arrollamiento de alta tensión, con lo que se facilita su aislamiento eléctrico.

El transformador será cedido a la compañía eléctrica, se ubicará en un habitáculo al cual se deberá de poder acceder desde la calle, tendrá que haber una separación física entre la parte del abonado y la perteneciente a la compañía, lo cual requiere una celda de seccionamiento. Como se ha mencionado, al haber una parte perteneciente a la compañía y otra perteneciente al abonado, el CT también tendrá que tener distintas puertas de acceso.

En base a la guía de la ITC-BT 19 (PLC Madrid SLU, 2023), para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas admisibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para los demás usos.

El número de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, se determinará en cada caso particular, de acuerdo con las indicaciones incluidas en las instrucciones del presente reglamento y en su defecto con las indicaciones facilitadas por el usuario considerando una utilización racional de los aparatos.

La instalación partirá del transformador, yendo a un cuadro general de baja tensión de donde se irá ramificando en distintos cuadros secundarios distintos para cada una de las naves y en función de los distintos tipos de receptores.

Instalaciones de Alumbrado

Para realizar los cálculos lumínicos y el dimensionamiento de la instalación, se va a hacer uso del software DIALux. Se ha de tener en cuenta el tipo de luminaria a instalar en base a la función del área en la que se va a ubicar, principalmente van a ser 5 tipos de zonas: oficinas, taller, comedor, pasillos/escaleras y almacén. Se han de tener en cuenta factores como los niveles de iluminación, la uniformidad y el índice de deslumbramiento.

Se va a instalar donde sea necesario, luminarias de emergencia.

El dimensionamiento de la instalación del alumbrado para conseguir unos valores de iluminación, uniformidad y UGR adecuados, se harán acordes a la norma UNE-EN 12464-1 de marzo de 2022.

La mencionada norma especifica 3 zonas en cuanto a los criterios de diseño e iluminación:

-Área de tarea o área de actividad: Se trata del área que se va a emplear realmente para la realización de la tarea, por ejemplo, en el caso de un puesto de trabajo individual en una oficina, sería una zona ubicada delante del ordenador o portátil.

-Área circundante inmediata: Puesto que las grandes variaciones espaciales en la iluminancia alrededor del área de tarea o el área de actividad pueden provocar estrés visual y molestias, la iluminancia de áreas circundantes inmediatas debe estar relacionada con la iluminancia del área de tarea o área de actividad y debería proporcionar una distribución bien equilibrada de luminancias en el campo de visión.

El área circundante inmediata debería ser una franja con una anchura de, al menos, 0,5 m alrededor del área de tarea dentro del campo visual.

En la siguiente tabla se adjuntan relaciones entre la iluminancia en el área principal y la correspondiente en el área circundante inmediata.

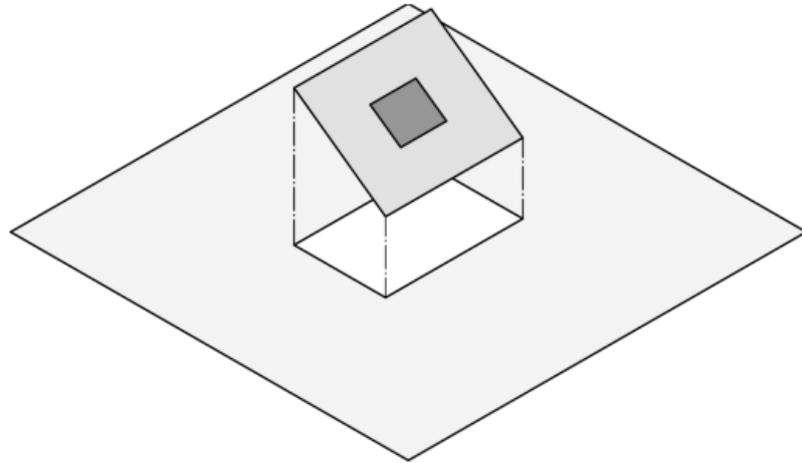
Tabla 3 - Relación entre la iluminancia de áreas circundantes inmediatas y la iluminancia del área de tarea o área de actividad

Iluminancia del área de tarea o área de actividad \bar{E}_m lx	Iluminancia de áreas circundantes inmediatas lx
≥ 750	500
500	300
300	200
200	150
≤ 150	<i>igual que el área de tarea</i>

Imagen 3. Extraída de la norma UNE-EN 12464-1

-Área de fondo: El área de fondo es una zona horizontal a nivel del suelo, es adyacente al área circundante inmediata dentro de los límites del espacio y se debe iluminar con una iluminancia mantenida de 1/3 del valor del área circundante inmediata. En el caso de los locales más grandes, la banda debe tener anchura mínima de 3 m.

Se procede a adjuntar una imagen de la representación de las tres áreas con el fin de facilitar la comprensión de las mismas:



Leyenda

-  Área de tarea o área de actividad (no se representa a escala real) en un tamaño y posición especificados (véase 5.3.3)
-  Área circundante inmediata (banda con una anchura de al menos 0,5 m alrededor del área de tarea o área de actividad dentro del campo visual)
-  Área de fondo (banda con una anchura de al menos 3 m adyacente al área circundante inmediata o hasta los límites del espacio para espacios pequeños) horizontal a nivel del suelo

Imagen 4. Extraída de la norma UNE-EN 12464-1

Con el fin de situarse en el peor supuesto posible, el diseño de las instalaciones de las distintas áreas se realizará suponiendo que toda el área es de trabajo, para así cumplir con las especificaciones de la norma.

En las tablas que se adjuntan se muestran los valores mínimos que se han de cumplir:

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,pared}$ lx	$\bar{E}_{m,techo}$ lx	Requisitos específicos
		requerido ^a	modificado ^b							
9.1	Áreas de circulación y pasillos	100	150	0,40	40	28	50	50	30	Iluminancia al nivel del suelo. R_a y R_{UGL} similares a áreas adyacentes. 150 lx si hay vehículos en el recorrido. La iluminación de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición, para evitar cambios repentinos en iluminancia entre el interior y el exterior, de día o de noche. Se debería tener cuidado para evitar el deslumbramiento de los conductores y los peatones.
9.2	Escaleras, escaleras mecánicas y cintas transportadoras	100	150	0,40	40	25	50	50	30	Iluminancia al nivel del suelo. Requiere un contraste reforzado sobre los escalones.
9.3	Ascensores y montacargas	100	150	0,40	40	25	50	50	30	Iluminancia al nivel del suelo. Para la iluminación enfrente del ascensor, véase nº ref. 9.4.
9.4	Área frente a ascensores, montacargas y escaleras mecánicas	200	300	0,40	40	25	75	75	50	Zona hasta 1 m frente a ascensores, montacargas y escaleras mecánicas. Iluminancia al nivel del suelo.

Imagen 5. Extraída de la norma UNE-EN 12464-1

Tabla 10 – Áreas generales en el interior de los edificios. Salas de descanso, sanitarias y de primeros auxilios

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,pared}$ lx	$\bar{E}_{m,techo}$ lx	Requisitos específicos
		requerido ^a	modificado ^b							
10.1	Cantinas, despensas	200	500	0,40	80	22	75	75	50	
10.2	Salas de descanso	100	200	0,40	80	22	50	50	30	
10.3	Salas para ejercicio físico	300	500	0,40	80	22	100	100	75	
10.4	Guardarropa (área) baños, vestuarios, taquillas, duchas, lavabos y aseos	200	300	0,40	80	25	75	75	50	En cada aseo individual, si están completamente cerrados.
10.5	Iluminación facial en frente de los espejos.	200	300	0,40	80	-	-	-	-	Iluminancia vertical, 0,5 m en frente del espejo a la altura de la cabeza.
10.6	Enfermería	500	750	0,60	80	19	150	150	100	
10.7	Salas para atención médica	500	1 000	0,60	90	19	150	150	100	4 000 K $\leq T_{cp} \leq$ 5 000 K
10.8	Limpieza general	100	150	0,40	-	-	50	50	30	Aplicable cuando es necesaria una limpieza periódica.

a Requerido: valor mínimo.
b Modificado: considera los modificadores de contexto comunes del apartado 5.3.3.

Imagen 6. Extraída de la norma UNE-EN 12464-1

Tabla 13 - Logística y almacenes

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,x}$ lx	$\bar{E}_{m,pared}$ lx	$\bar{E}_{m,techo}$ lx	Requisitos específicos
		requerido ^a	modificado ^b							
13.1	Área de carga y descarga	200	300	0,40	80	25	50	50	30	
13.2	Área de envasado/ agrupación	300	500	0,50	80	25	100	100	30	
13.3	Configuración y reordenación	750	1000	0,60	80	22	150	150	30	
13.4	Almacenamiento abierto de mercancías	200	300	0,40	80	25	50	50	30	
13.5	Almacenamiento en estanterías - suelo	150	200	0,50	80	25	-	-	30	Iluminancia a nivel del suelo, R_{UGL} sólo en la dirección de visión de la luminaria.
13.6	Almacenamiento en estanterías - cara de la estantería	75	100	0,40	80	-	-	-	-	En la cara de la estantería del pasillo. Se puede excluir del perímetro una banda de 1,0 m (véase 5.4).
13.7	Pasillo central logístico (circulación densa)	300	500	0,60	80	25	100	100	30	
13.8	Áreas automatizadas (sin personal)	75	100	0,40	80	25				

a Requerido: valor mínimo.
b Modificado: considera los modificadores de contexto comunes del apartado 5.3.3.

Imagen 7. Extraída de la norma UNE-EN 12464-1

Tabla 32 - Actividades industriales y artesanales. Fabricación y reparación de vehículos

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{UGL}	$\bar{E}_{m,x}$ lx	$\bar{E}_{m,pared}$ lx	$\bar{E}_{m,techo}$ lx	Requisitos específicos
		requerido ^a	modificado ^b							
32.1	Taller de prensado - piezas grandes	300	500	0,60	80	25	100	50	30	
32.2	Taller de prensado - inspección visual	500	750	0,60	80	22	150	50	30	
32.3	Carrocería y montaje - línea automática	300	500	0,60	80	25	100	50	30	
32.4	Carrocería y montaje - soldadura manual	500	750	0,60	80	22	150	50	30	
32.5	Pintura, cámara de pulverización, cámara de pulido	750	1 000	0,70	80	22	150	150	30	
32.6	Pintura, inspección, retoque y pulido	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	30	4 000 K ≤ T_{cp} ≤ 6 500 K
32.7	Fabricación de tapicería (manual)	1 000	1 500	0,70	80	19	150	50	30	
32.8	Detallado: - Montaje de subpartes (puertas, salpicadero, tapicería) - Montaje de los bajos del chasis - Montaje de motores y mecánica - Cadena de montaje final	750	1 000	0,70	80	22	150	50	30	
32.9	Detallado: - trabajos de electrónica	750	1 000	0,60	90	22	150	50	30	4 000 K ≤ T_{cp} ≤ 6 500 K para reconocimiento de colores
32.10	Inspección final	1 000	1 500	0,70	90	19	150	150	30	
32.11	Servicios generales de vehículos, reparación y pruebas	500	750	0,60	80	22	100	50	30	Considerar iluminación local

a Requerido: valor mínimo.
b Modificado: considera los modificadores de contexto comunes del apartado 5.3.3.

Imagen 8. Extraída de la norma UNE-EN 12464-1

Tabla 34 - Oficinas

Nº ref.	Tipo de tarea/área de actividad	\bar{E}_m lx		U_o	R_a	R_{OGL}	$\bar{E}_{m,z}$ lx	$\bar{E}_{m,pared}$ lx	$\bar{E}_{m,techo}$ lx	Requisitos específicos
		requerido ^a	modificado ^b							
34.1	Archivo, copias, etc.	300	500	0,40	80	19	100	100	75	
34.2	Escritura, escritura a máquina, lectura, tratamiento de datos	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	Trabajo en DSE, véase 5.9 Luminosidad de la sala, véanse 6.7 y el anexo B La iluminación debería ser controlable, véase 6.2.4. Para las oficinas celulares más pequeñas, el requisito de la pared se aplica a la pared frontal Para otras paredes, se podría aceptar un requisito menor de un mínimo de 75 lx.
34.3	Dibujo técnico	750	1 500	0,70	80	16	150	150	100	Trabajo en DSE, véase 5.9 Luminosidad de la sala, véase 6.7
34.4	Puestos de trabajo de CAD	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	Trabajo en DSE, véase 5.9
34.5.1	Salas de conferencias y reuniones	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	La iluminación se debería poder controlar, véase 6.2.4.
34.5.2	Mesa de reuniones	500	1 000	0,60	80	19	150	150	100	La iluminación se debería poder controlar, véase 6.2.4.
34.6	Mostrador de recepción	300	750	0,60	80	22	100	100	75	Si el mostrador de recepción incluye tareas de puestos de trabajo regulares, éste debe estar iluminado de forma adecuada.
34.7	Archivos	200	300	0,40	80	25	75	75	50	

a Requerido: valor mínimo.
b Modificado: considera los modificadores de contexto comunes del apartado 5.3.3.

Imagen 9. Extraída de la norma UNE-EN 12464-1

En cuanto a requisitos de alumbrado también se van a seguir los principios establecidos en el manual (PLC MADRID SLU, 2024):

-Alumbrado ordinario: En las instalaciones para alumbrado de locales o dependencias donde se reúna público, el total de lámparas a alimentar deberá ser tal que el corte de corriente en una de cualquiera de ellas no afecte a más de la tercera parte del total de lámparas instaladas.

Mínimo han de haber 3 líneas de alumbrado, cada una de estas líneas estarán protegidas en su origen contra sobrecargas, cortocircuitos, y si procede contra contactos indirectos.

-Alumbrado de evacuación: Previsto para garantizar el reconocimiento y la utilización de los medios o rutas de evacuación cuando los locales puedan estar ocupados.

En rutas de evacuación, a nivel del suelo y en el eje de los pasos principales: 1 lux / Relación 40.

Servicios de protección contra incendios y cuadros de distribución de alumbrado: 5 lux / Relación 40.

Duración de funcionamiento: Mínimo de 1 hora.

Para el cálculo del alumbrado de evacuación, se aplicarán las siguientes fórmulas que se encuentran en el manual:

$$\text{Lúmenes Totales} = \text{Nivel lux mínimo} * \text{Superficie (m}^2\text{)}$$

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{\text{Lúmenes totales}}{\text{Lúmenes luminaria de emergencia}}$$

Para la realización de la instalación del alumbrado, se ha tenido en cuenta el código técnico de edificación, que marca los valores límite de W/m²/100 lx por área.

Tabla 3.1 - HE3 Valor límite de eficiencia energética de la instalación (VEEl_{lim})

Uso del recinto	VEEI límite
Administrativo en general	3,0
Andenes de estaciones de transporte	3,0
Pabellones de exposición o ferias	3,0
Salas de diagnóstico ⁽¹⁾	3,5
Aulas y laboratorios ⁽²⁾	3,5
Habitaciones de hospital ⁽³⁾	4,0
Recintos interiores no descritos en este listado	4,0
<i>Zonas comunes</i> ⁽⁴⁾	4,0
Almacenes, archivos, <i>salas técnicas</i> y cocinas	4,0
Aparcamientos	4,0
Espacios deportivos ⁽⁵⁾	4,0
Estaciones de transporte ⁽⁶⁾	5,0
Supermercados, hipermercados y grandes almacenes	5,0
Bibliotecas, museos y galerías de arte	5,0
<i>Zonas comunes</i> en edificios no residenciales	6,0
Centros comerciales (excluidas tiendas) ⁽⁷⁾	6,0
Hostelería y restauración ⁽⁸⁾	8,0
Religioso en general	8,0
Salones de actos, auditorios y salas de usos múltiples y convenciones, salas de ocio o espectáculo, salas de reuniones y salas de conferencias ⁽⁹⁾	8,0
Tiendas y pequeño comercio ⁽¹⁰⁾	8,0
Habitaciones de hoteles, hostales, etc.	10,0
Locales con nivel de iluminación superior a 600lux	2,5

Imagen 10. Extraída del CTE HE3.

Se procede a mostrar el valor de eficiencia energética y el número de luminarias de evacuación en cada área (empleando luminarias de 200 lm):

-Comedor:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{144 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Valor eficiencia energética: **1,35 W/m²/100 lx**

-Aseos comedor:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{15 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} = 0 \text{ lámparas}$$

Valor eficiencia energética: **1,92 W/m²/100 lx**

-Pasillos comedor:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{27 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Al tratarse de una salida al exterior, se ha considerado que ha de tener una luminaria pese a que en base a la fórmula empleada no sería necesaria.

Valor eficiencia energética: **1,75 W/m²/100 lx**

-Aseos zona de personal:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{7,5 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} = 0 \text{ lámparas}$$

Valor eficiencia energética: **2,43 W/m²/100 lx**

-Recibidor entrada segunda nave:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{144 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Valor eficiencia energética: **1,31 W/m²/100 lx**

-Área de contabilidad:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{81 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Al tratarse de un área de paso y de trabajo que puede albergar a un gran número de personas, se va a incluir una luminaria de evacuación en el marco de la puerta antes de entrar al recibidor.

Valor eficiencia energética: **1,42 W/m²/100 lx**

-Despachos planta baja:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{16 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 0 \text{ lámparas}$$

Valor eficiencia energética: **2,01 W/m²/100 lx**

-Pasillo secundario primera planta:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{36 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Al igual que en otros casos, al tratarse un área de circulación y además en el piso de arriba, se considera que merece la pena incluir una luminaria en el marco de la puerta que da al pasillo principal de la primera planta.

Valor eficiencia energética: **2,3 W/m²/100 lx**

-Pasillo principal primera planta:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{72 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Al igual que en otros casos, al tratarse un área de circulación y además en el piso de arriba, se considera que merece la pena incluir una luminaria cerca de las escaleras a la planta baja.

Valor eficiencia energética: **1,44 W/m²/100 lx**

-Despachos primera planta:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{15 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 0 \text{ lámparas}$$

Valor eficiencia energética: **2,11 W/m²/100 lx**

-Área de ingenieros 1:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{135 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Al tratarse de un área de paso y de trabajo que puede albergar a un gran número de personas, se va a incluir una luminaria de evacuación en el marco de la puerta antes de entrar al pasillo secundario.

Valor eficiencia energética: **1,38 W/m²/100 lx**

-Área de ingenieros 2:

$$N^{\circ} \text{ Lámparas} = \frac{216 \text{ m}^2 * 1 \text{ lux}}{200 \text{ lm}} \approx 1 \text{ lámpara}$$

Valor eficiencia energética: **1,32 W/m²/100 lx**

Se ha de mencionar que el código técnico de edificación excluye en los edificios industriales la parte destinada a talleres y procesos industriales, es por ello que en ambas naves se ha excluido la zona destinada a taller y la destinada a almacén. Al tratarse de zonas con ventanas y buena iluminación exterior se ha decidido que no es necesaria la instalación de alumbrado de emergencia en éstas áreas mencionadas.

En cuanto a la distribución de las líneas de alumbrado, mínimo han de haber 3 y en cada una de ellas la potencia máxima que puede haber es de 2.300 W. La distribución junto con los correspondientes cuadros es la siguiente:

Primera Nave:

1º Cuadro:

Comedor + 2 Aseos + Cuarto limpieza + Pasillos = 1512 W **(1 línea)**

2º Cuadro:

Taller = **3 líneas** de 1860 W cada una

Segunda Nave:

3º Cuadro:

Comedor + 2 Aseos + Cuarto limpieza + Pasillos = 1512 W **(1 línea)**

Almacén = **2 líneas** de 1860 W cada una

4º Cuadro:

Contabilidad + 2 Baños = 1440 W **(1 línea)**

3 Despachos planta baja + Recibidor = 2052 W **(1 línea)**

5º Cuadro:

2 Pasillos + 2 Baños + 3 Despachos = 1692 W **(1 línea)**

Área de Ingenieros = 2016 W **(1 línea)**

6º Cuadro:

Área de Ingenieros = **2 líneas** de 1620 W cada una

Posteriormente en los Anexos se mostrarán los modelos de las distintas salas realizadas con DIALux con el fin de que se puedan observar los valores de iluminancia media, la uniformidad y el índice de deslumbramiento en cada una de ellas.

Potencia Prevista

Después de la estimación de la potencia destinada a alumbrado, la previsión de cargas y número de circuitos por cada cuadro es la siguiente:

CUADRO 1	
Alumbrado	1,512 kW
Frigorífico	1 kW
Cafetera	2 kW
Cafetera de filtro	2 kW
Dispensador de agua + microondas	1,5 kW
Aire acondicionado 1	2 kW
Aire acondicionado 2	2 kW
TC distintos usos	1 kW
Secador 1 y 2	2 kW

CUADRO 2	
Soldador 1	18 kW
Soldador 2	18 kW
Equilibradora 1	3 kW
Equilibradora 2	3 kW
Frenómetro	31 kW
Elevador	7,36 kW
Desmontadora ruedas 1	4,4 kW
Desmontadora ruedas 2	4,4 kW
Puertas metálicas	4 kW
Alumbrado (3L)	5,58 kW



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

CUADRO 3	
Alumbrado	1,512 kW
Frigorífico	1 kW
Cafetera	2 kW
Cafetera de filtro	2 kW
Dispensador de agua + microondas	1,5 kW
Aire acondicionado 1	2 kW
Aire acondicionado 2	2 kW
TC distintos usos	1 kW
Alumbrado almacén (2L)	3,72 kW
Carretilla elevadora	36 kW
Secador 1 y 2	2 kW

CUADRO 4	
Alumbrado Contabilidad	1,44 kW
Alumbrado Despachos	2,052 kW
Mesas 1	1,5 kW
Mesas 2	2 kW
Mesas 3	2 kW
Secador 1 y 2	2 kW
Despacho 1 y 2	1,5 kW
Despacho 3 y Secretaria	1,5 kW
TC distintos usos	1 kW
Aire acondicionado 1	2 kW
Aire acondicionado 2	2 kW
Aire acondicionado 3	2 kW
Aire acondicionado 4	2 kW
Aire acondicionado 5	2 kW
Aire acondicionado 6	2 kW



CUADRO 5	
Alumbrado Pasillos y Aseos	1,692 kW
Alumbrado Ingenieros	2,016 kW
Mesas 1	2 kW
Mesas 2	2 kW
Mesas 3	2 kW
Mesas 4	2 kW
Mesas 5	2 kW
Mesas 6	2 kW
Mesas 7	2 kW
Mesas 8	2 kW
Secador 1 y 2	2 kW
Despacho 1 y 2	1,5 kW
TC distintos usos	1 kW
Aire acondicionado 1	2 kW
Aire acondicionado 2	2 kW
Aire acondicionado 3	2 kW
Aire acondicionado 4	2 kW
Aire acondicionado 5	2 kW

CUADRO 6	
Alumbrado Ingenieros (2L)	3,24 kW
Mesas 1	2 kW
Mesas 2	2 kW
Mesas 3	2 kW
Mesas 4	2 kW
Mesas 5	2 kW
Mesas 6	2 kW
Mesas 7	2 kW
Mesas 8	2 kW
Aire acondicionado 1	2 kW
Aire acondicionado 2	2 kW
Aire acondicionado 3	2 kW

Diseño de canalizaciones

Tubos protectores

En este apartado se va a comentar las características, normas y criterios que han de cumplir los tubos que se van a encargar de realizar la distribución de los cables en la nave industrial.

El tipo de tubo que se va a emplear para contener los cables de los distintos circuitos será función de por dónde va a ir ubicado.

En base a la ITC-BT 21, los tubos se clasifican según lo dispuesto en las siguientes normas:

UNE-EN 50.086-2-1: Sistemas de tubos rígidos

UNE-EN 50.086-2-2: Sistemas de tubos curvables

UNE-EN 50.086-2-3: Sistemas de tubos flexibles

UNE-EN 50.086-2-4: Sistemas de tubos enterrados

Las características de protección de la unión de entre el tubo y sus accesorios no deben ser inferiores a los declarados para el sistema de tubos.

La superficie interior de los tubos no deberá de presentar en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores o cables aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios. La denominación de realizará en función del diámetro exterior.

En base a la Guía del REBT (Miguel, 2021) se define a cada tipo de tubo de la siguiente manera:

-Los **tubos rígidos** son aquellos que requieren de técnicas especiales para su curvado. Están previstos para instalaciones superficiales y sus cambios de dirección se pueden realizar mediante accesorios específicos (curvas, derivaciones en T, etc...).

-Los **tubos curvables** son aquellos que pueden curvarse manualmente y no están pensados para trabajar continuamente en movimiento, si bien tienen un cierto grado de flexibilidad.

-Los **tubos flexibles** están diseñados para soportar, a lo largo de su vida útil, un número elevado de operaciones de flexión, como puede ser el caso de instalaciones en elementos con partes móviles, como máquinas.

Hay 4 tipos de instalación, cada una de ellas tiene modelos de tubos preferentes, las cuales son las siguientes:

-Canalizaciones fijas en superficie: Preferentemente se emplearán tubos rígidos.

-Canalizaciones empotradas: Tubos rígidos, curvables o flexibles.

-Canalizaciones aéreas o con tubos al aire: En canalizaciones que se hayan de destinar a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles.

-Canalizaciones enterradas: Deberán tener un diámetro tal que permita un fácil alojamiento y extracción de los cables o conductores aislados.

A continuación, se procede a mostrar, en base a la ITC-BT 21 las características mínimas que han de cumplir los tubos para los distintos tipos de canalizaciones:

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1-2	Rígido/curvable
Propiedades eléctricas	1-2	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Imagen 11. Correspondiente a las características de los tubos en canalizaciones fijas en superficie.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	–
185	50	63	75	–	–
240	50	75	–	–	–

Imagen 12. Correspondiente a los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir en canalizaciones fijas en superficie.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	2	Ligera
Resistencia al impacto	2	Ligera
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos D ≥ 1 mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Contra gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Imagen 13. Correspondiente a las características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	3	Media
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	2	+90 °C ⁽²⁾
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	5	Protegido contra el polvo
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Imagen 14. Correspondiente a las características mínimas para tubos en canalizaciones empotradas ordinarias embebidas en hormigón y para canalizaciones precableadas.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40
25	25	32	40	40	50
35	25	40	40	50	50
50	32	40	50	50	63
70	32	50	63	63	63
95	40	50	63	75	75
120	40	63	75	75	–
150	50	63	75	–	–
185	50	75	–	–	–
240	63	75	–	–	–

Imagen 15. Correspondiente a los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir en tubos de canalizaciones empotradas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	4	Fuerte
Resistencia al impacto	3	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C
Resistencia al curvado	4	Flexible
Propiedades eléctricas	1/2	Continuidad/aislado
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	2	Protegido contra las gotas de agua cayendo verticalmente cuando el sistema de tubos está inclinado 15°
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior mediana y exterior elevada
Resistencia a la tracción	2	Ligera
Resistencia a la propagación de la llama	1	No propagador
Resistencia a las cargas suspendidas	2	Ligera

Imagen 16. Correspondiente a las características mínimas para canalizaciones de tubos al aire o aéreas.

Sección nominal de los conductores (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	20
2,5	12	16	20	20	20
4	12	16	20	20	25
6	12	16	25	25	25
10	16	25	25	32	32
16	20	25	32	32	40

Imagen 17. Correspondiente a los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir en canalizaciones de tubos al aire o aéreas.

Característica	Código	Grado
Resistencia a la compresión	NA	250 N / 450 N / 750 N
Resistencia al impacto	NA	Ligero / Normal / Normal
Temperatura mínima de instalación y servicio	NA	NA
Temperatura máxima de instalación y servicio	NA	NA
Resistencia al curvado	1-2-3-4	Cualquiera de las especificadas
Propiedades eléctricas	0	No declaradas
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	Protegido contra objetos $D \geq 1$ mm
Resistencia a la penetración del agua	3	Protegido contra el agua en forma de lluvia
Resistencia a la corrosión de tubos metálicos y compuestos	2	Protección interior y exterior media

Característica	Código	Grado
Resistencia a la tracción	0	No declarada
Resistencia a la propagación de la llama	0	No declarada
Resistencia a las cargas suspendidas	0	No declarada

Notas:
 NA: No aplicable
 (*) Para tubos embebidos en hormigón aplica 250 N y grado Ligero; para tubos en suelo ligero aplica 450 N y grado Normal; para tubos en suelos pesados aplica 750 N y grado Normal

Imagen 18. Correspondiente a las características mínimas para tubos en canalizaciones enterradas.

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	≤ 6	7	8	9	10
1,5	25	32	32	32	32
2,5	32	32	40	40	40
4	40	40	40	40	50
6	50	50	50	63	63
10	63	63	63	75	75
16	63	75	75	75	90
25	90	90	90	110	110
35	90	110	110	110	125
50	110	110	125	125	140
70	125	125	140	160	160
95	140	140	160	160	180
120	160	160	180	180	200
150	180	180	200	200	225
185	180	200	225	225	250
240	225	225	250	250	–

Imagen 19. Correspondiente a los diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores o cables a conducir en canalizaciones enterradas.

Dependiendo del tipo de canalización nos ofrecen algunas advertencias, las cuales se procede a exponer:

-Canalizaciones fijas en superficie:

-Para más de 5 conductores por tubo o conductores de sección diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de este será como mínimo igual a 2,5 veces la sección total ocupada por los conductores.

-Canalizaciones empotradas:

-Para más de 5 conductores por tubo o conductores de sección diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de este será como mínimo igual a 3 veces la sección total ocupada por los conductores.

-Canalizaciones aéreas o con tubos al aire:

-Se recomienda no utilizar este tipo de instalación para secciones nominales de conductor superiores a 16 mm².

-Para más de 5 conductores por tubo o conductores de sección diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de este será como mínimo igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

-Canalizaciones enterradas:

-Para más de 10 conductores por tubo o conductores de sección diferentes a instalar por el mismo tubo, la sección interior de este será como mínimo igual a 4 veces la sección total ocupada por los conductores.

Diseño y dimensionamiento de las líneas

Se van a realizar los cálculos en base a las indicaciones que nos vienen dadas en las ITC-BT 07 (redes subterráneas para para distribución en BT) e ITC-BT-19 (instalaciones interiores o receptoras). Se han de cumplir los requisitos de caídas de caídas de tensión, que en el REBT se indica que para instalaciones industriales que se alimenten directamente en alta tensión mediante un transformador de distribución propio, se considerará que la instalación interior de baja tensión tiene su origen en la salida del transformador. En este caso las caídas de tensión máximas accesibles serán del 4,5 % para alumbrado y del 6,5 % para el resto de usos.

Como se indica en la ITC-BT 19, en instalaciones interiores, para tener en cuenta las corrientes armónicas debidas a cargas no lineales y posibles desequilibrios, salvo justificación por cálculo, la sección del conductor neutro será como mínimo igual a la de las fases.

Se van a emplear cables de cobre con aislamiento de XLPE con tensión nominal de 0,6/1 kV pudiéndose emplear cables con tensión nominal 450/750 V cuando no sea estrictamente necesario emplear los anteriormente mencionados.

Intensidad de diseño:

En base a la tensión y potencia prevista por el circuito, se emplearán las siguientes fórmulas:

$$I_b = \frac{P}{U * \cos \varphi} \text{ (Cargas monofásicas)}$$

$$I_b = \frac{P}{U * \cos \varphi * \sqrt{3}} \text{ (Cargas trifásicas)}$$

Siendo:

→ I_b : Intensidad de diseño de la línea, que puede ser sobredimensionada (Motores = $1,25 \cdot I_{nom}$).

→ P : Potencia prevista demandada.

→ U : Tensión nominal del circuito (230V si es monofásico o 400V si la alimentación es trifásica).

→ $\cos \varphi$: Factor que va a depender del tipo de receptor.

Intensidad máxima admisible:

La intensidad máxima admisible en servicio permanente de los conductores aislados en función del tipo de instalación se calculará mediante la siguiente expresión:

$$I_z (A) = I_0 * n * K_1 * K_2 * K_3$$

Siendo:

I_z = Intensidad máxima admisible en el conductor en servicio permanente según composición del conductor y condiciones de instalación.

n = Número de conductores que se han empleado.

I_0 = Intensidad admisible en el conductor en servicio permanente a 40°C del conductor individual.

K_1 = Factor de corrección en función de la temperatura ambiente.

K_2 = Factor de corrección en función del número de circuitos.

K_3 = Factor de corrección en función del número de capas.

Mediante las siguientes tablas se selecciona, según la intensidad admisible del conductor en servicio permanente, las secciones adecuadas teniendo en cuenta la tensión de alimentación, el aislamiento del conductor o cable multipolar y el método de instalación.

Teniendo en cuenta las siguientes consideraciones para las tablas:

XLPE - Polietileno reticulado - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

EPR - Etileno propileno - Temperatura máxima en el conductor 90°C (servicio permanente).

PVC - Policloruro de vinilo - Temperatura máxima en el conductor 70°C (servicio permanente).

Para el cálculo de las secciones se empleará la siguiente tabla extraída de la ITC-BT-19:

			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes											
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos ³⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ³⁾ en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR			2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ⁴⁾				3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ⁵⁾ . Distancia a la pared no inferior a 0.3D ⁶⁾					3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁷⁾ . Distancia a la pared no inferior a D ⁸⁾						3x PVC				3x XLPE o EPR ⁹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁸⁾								3x PVC ⁹⁾		3x XLPE o EPR	
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
	185				268	297	317	354	386	415	464	601	
	240				315	350	374	419	455	490	552	711	
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Imagen 20. Correspondiente a la tabla con los tipos de montajes, cables y secciones extraída de la ITC-BT-19.

Con las secciones que se han obtenido en el apartado anterior, se ha de comprobar que se cumple que la caída de tensión sea menor al límite impuesto en el REBT, que para el caso de una instalación industrial alimentada directamente mediante un transformador de distribución propio serán:

- 4,5 % Alumbrado
- 6,5 % Demás usos

Se emplearán las siguientes expresiones en base a la potencia demandada por la línea en cada caso:

$$e = \frac{2 * L * P}{C * S * U} \text{ (Monofásico)}$$

$$e = \frac{L * P}{C * S * U} \text{ (Trifásico)}$$

Siendo:

S = Sección de los conductores en mm².

P = Potencia que se transporta, en vatios.

L = Longitud de la línea, en metros.

e = Caída de tensión, en voltios.

C = Conductividad, (m/Ω mm²).

U = Tensión, en voltios.

Los valores de conductividad son los siguientes:

TEMPERATURA (en °C)	70º	90º
TIPO DE AISLAMIENTO	PVC	XLPE o EPR
Cobre	48	44
Aluminio	30	28

Conductores de protección:

Para los conductores de protección que estén constituidos por el mismo metal que los conductores de fase o polares, se elegirá la sección en base a la siguiente tabla extraída de la ITC-BT-19:

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm ²)	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm ²)
S ≤ 16	S (*)
16 < S ≤ 35	16
S > 35	S/2
(*) Con un mínimo de: 2,5 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica 4 mm ² si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica	

Imagen 21. Correspondiente a la sección mínima del conductor de protección.

Protecciones

En este apartado se procederá a explicar las condiciones que han de cumplir los aparatos destinados a la protección frente a sobrecargas y cortocircuitos, que generalmente serán MCB's y MCCB's según proceda.

Protección contra las corrientes de sobrecarga:

La información de estos apartados ha sido extraída del libro (Marqués, 2017)

Las características de funcionamiento del dispositivo de protección del conductor contra sobrecargas deben satisfacer las dos condiciones siguientes:

1. $I_b \leq I_n \leq I_z$
2. $I_2 \leq 1,45 I_z$ (1,3 en industria, nuestro caso)

Donde:

- 1) I_b = Intensidad utilizada en el circuito.
- 2) I_z = Intensidad admisible en la canalización (intensidad admisible conductor UNE 20 460-5-523).
- 3) I_n = Intensidad nominal del dispositivo de protección.
- 4) I_2 = Intensidad que asegura efectivamente el funcionamiento del dispositivo de protección.

En la práctica I_2 se toma igual a:

-Intensidad de fusión en el tiempo convencional de los fusibles tipo gI, según norma UNE-EN 60269-1, Tabla 2 ($1,60 \times I_n$ fusible).

-Intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional de los interruptores automáticos.

-0,9 veces la intensidad de funcionamiento en el tiempo convencional de los fusibles tipo gII.

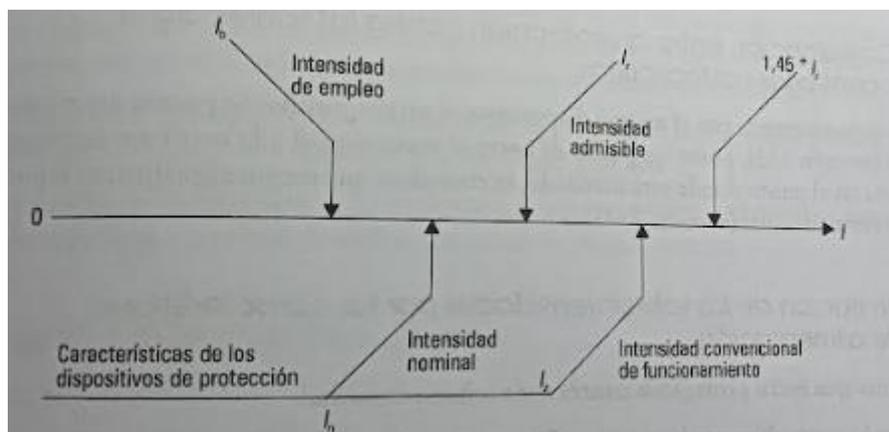


Imagen 22. Correspondiente a la ilustración de las dos condiciones que se han mostrado anteriormente.

Protección contra corrientes de cortocircuito

Protección para interrumpir toda corriente de cortocircuito antes de resultar peligrosa debido a los efectos térmicos y mecánicos producidos en los conductores.

Todo dispositivo que asegure la protección contra cortocircuitos debe cumplir las dos condiciones siguientes:

- 1) Poder de corte mínimo igual a la corriente de cortocircuito supuesta en el punto donde está instalado. Excepto dos dispositivos de protección coordinada.
- 2) El tiempo de corte del elemento de protección de la corriente que resulte de un cortocircuito, en un punto cualquiera del circuito, no debe ser superior al que tarda el conductor en alcanzar la temperatura máxima admisible.

El tiempo que soporta el conductor la I_k para que se eleve la temperatura del mismo desde la temperatura máxima admisible hasta su valor máximo es, para tiempos de trabajo de los dispositivos de protección $< 0,1$ segundos:

$$\sqrt{t} = k * \frac{S}{I}; I = \frac{K * S}{\sqrt{t}}$$

Siendo:

t = Tiempo, en segundos.

S = Sección, en mm^2 .

I = Valor eficaz de la corriente de cortocircuito prevista en amperios.

$K = 115$ para conductores de cobre aislados con PVC, $K = 135$ para conductores de cobre aislados de EPR o XLPE.

Protección contra contactos indirectos:

El corte automático de la alimentación después de la aparición de un fallo está destinado a impedir que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo.

Debe existir una adecuada coordinación entre el esquema de conexiones a tierra de la instalación utilizado de entre los descritos en la ITC-BT-08 y las características de los dispositivos de protección.

El corte automático de la alimentación está prescrito cuando puede producirse un efecto peligroso en las personas o animales domésticos en caso de defecto, debido al valor y duración de la tensión de contacto.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales.

La protección contra contactos indirectos se realizará mediante la puesta a tierra de las masas y empleo de los dispositivos de protección de intensidad diferencial residual.

Instalación de puesta a tierra

La instalación tendrá una toma de tierra de protección, introduciendo en el fondo de las zanjas de cimentación, antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo. La sección que se recomienda emplear en la guía de la ITC-BT-18 es de 35 mm². Se indica que la profundidad nunca ha de ser inferior a 0,50 m, en lugares en los que exista riesgo continuado de heladas, se recomienda una profundidad mínima de enterramiento de la parte superior del electrodo de 0,8 m. Aunque no es el caso, por situarnos en el caso más desfavorable, se empleará esa distancia.

A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando, se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo.

Al conductor en anillo o bien a los electrodos, se conectarán en su caso, la estructura metálica del edificio o, cuando la cimentación del mismo se haga con zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros de los considerados principales y como mínimo uno por zapata.

Mediante la siguiente tabla, extraída de la guía de la ITC-BT-26 puede determinarse el número orientativo de electrodos verticales en función de las características del terreno, la longitud del anillo y según la presencia o no de pararrayos en el edificio.

Para este caso, que se trata de un edificio sin pararrayos, la resistencia a tierra obtenida con la aplicación de los valores de esta tabla debería ser, en la práctica, inferior a 37 Ω .

Considerando que el terreno donde se encuentra el edificio está formado por arenas arcillosas y graveras, después de rodear con el electrodo en anillo todo el perímetro del edificio y conectar todos los pilares del mismo, se ha tenido en cuenta una longitud total del anillo de 170 m.

Terrenos orgánicos, arcillas y margas		Arenas arcillosas y graveras, rocas sedimentarias y metamórficas		Calizas agrietadas y rocas eruptivas		Grava y arena silícea		Nº de picas de longitud (2 metros)
		sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	
25	34	28	67	54	134	162	400	0
^	30	25	63	50	130	158	396	1
	26	^	59	46	126	154	392	2
	^		55	42	122	150	388	3
			51	38	118	146	384	4
			47	34	114	142	380	5
			43	30	110	138	376	6
			39	^	106	134	372	7
			35		105	130	368	8
			^		98	126	364	9
					94	122	360	10
					74	102	340	15
					^	82	320	20
						^	280	30
							240	40
							200	50
							^	

Imagen 23. Correspondiente al número de electrodos en función de las características del terreno y la longitud del anillo.

Al tener el anillo una longitud de 180 m, se puede observar que no hay necesidad de instalar picas, con el anillo es más que suficiente.

A la toma de tierra establecida se conectará toda masa metálica importante, existente en la zona de la instalación, y las masas metálicas accesibles de los aparatos receptores, cuando su clase de aislamiento o condiciones de instalación así lo exijan.

A esta misma toma de tierra deberán conectarse las partes metálicas de los depósitos de gasóleo, de las instalaciones de calefacción general, de las instalaciones de agua, de las instalaciones de gas canalizado y de las antenas de radio y televisión.

El electrodo se dimensionará de forma que su resistencia de tierra, en cualquier circunstancia previsible, no sea superior al valor especificado para ella, en cada caso.

Este valor de resistencia de tierra será tal que cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a:

- 24 V en local o emplazamiento conductor.
- 50 V en los demás casos.

La siguiente tabla, muestra a título orientativo, una serie de valores que se pueden considerar para la resistividad en una serie de terrenos:

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000

Imagen 24. Correspondiente a los valores orientativos de resistividad del terreno.

Considerando una resistividad de $500 \Omega\text{m}$ y que el electrodo va a estar formado por un cable de cobre desnudo de 35 mm^2 de sección, el valor de la resistencia de puesta a tierra es de:

$$R = \frac{2 * \rho}{L} = \frac{2 * 500 \Omega\text{m}}{180 \text{ m}} = 5,56 \Omega$$

Tomando un diferencial de 30 mA de sensibilidad, la tensión de contacto que habría en esta situación sería de:

$$V_c = I_d * R = 0,03 * 5,56 = 0,1668 \text{ V}$$

Con un diferencial de 300 mA de sensibilidad, la tensión de contacto sería de:

$$V_c = I_d * R = 0,3 * 5,56 = 1,668 \text{ V}$$

Ambos, valores inferiores a los que se indican en el REBT.

Instalación fotovoltaica

Se va a analizar la implementación de una instalación de energía fotovoltaica de autoconsumo conectada a red para las naves en las cuales se realiza la instalación eléctrica de baja tensión descrita anteriormente. Se va a realizar la comparación entre un modelo de diseño con placas coplanarias y otro con placas inclinadas, optando por aquel que resulte más óptimo.

En España, como ya se ha mencionado en el trabajo, realizar este tipo de instalación resulta muy rentable, pudiendo recuperar la inversión en poco tiempo.

Definición de instalaciones generadoras interconectadas:

En base a la información que presenta el apartado de “Instalación Solar Fotovoltaica” del (PLC MADRID SLU, 2024), son aquellas que pueden trabajar en paralelo con la red de distribución, incluidas las instalaciones generadoras asociadas a cualquier tipología de autoconsumo, según el artículo 9 de la Ley 24/2013 y el artículo 4 del real decreto 244/2019.

Los sistemas de generación eléctrica fotovoltaica interconectados son sistemas que tienen un punto de acoplamiento con la red eléctrica de distribución, al igual que las instalaciones generadoras asistidas, aunque, en este caso, la energía generada por los paneles fotovoltaicos es bidireccional. Esto quiere decir, que puede alimentar, tanto a las cargas de la vivienda como a la red eléctrica de distribución.

La instalación generadora debe contar como mínimo con el conjunto de paneles fotovoltaicos y el inversor asociado, dispositivos de mando y protección (9) (11) que conectan con la instalación interior (5), una línea individual del generador (2) y un interruptor general de maniobra (6) y la receptora deberá contar con una derivación individual (1) y los dispositivos generales de mando y protección (3) (4) y la instalación interior (5).

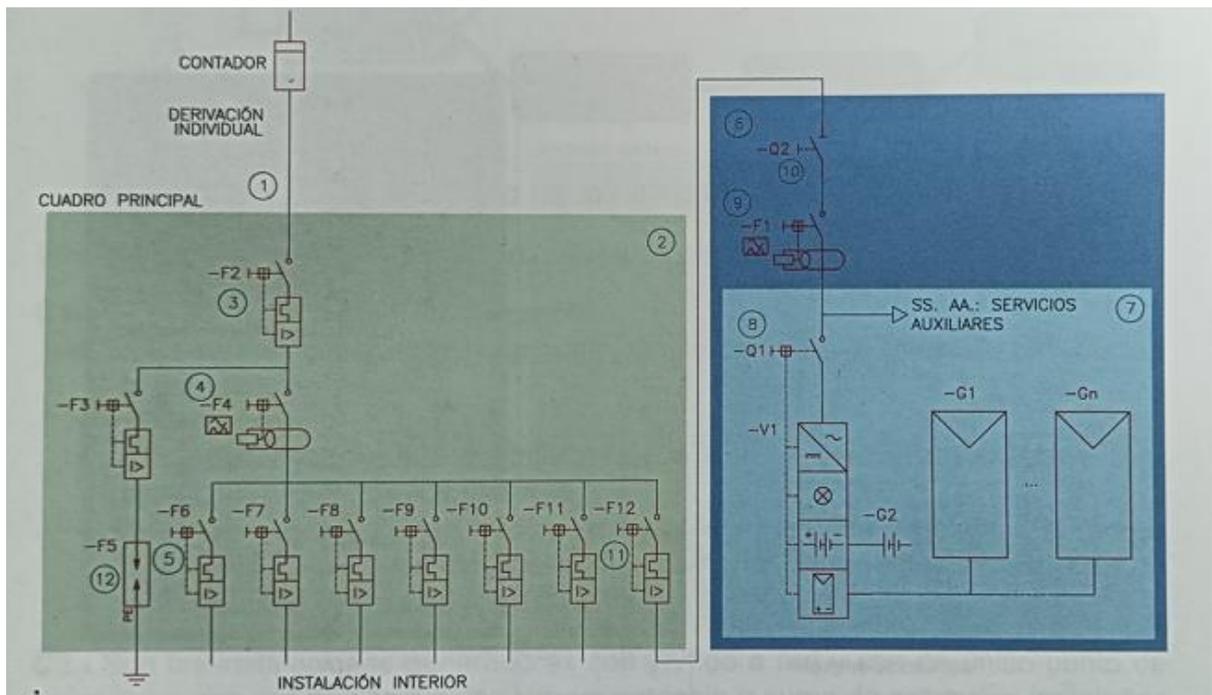


Imagen 25. Correspondiente al esquema de una instalación generadora interconectada (PLC MADRID SLU, 2024)

Consumos:

Con el fin de dimensionar la instalación hay que analizar la evolución del consumo diario que tiene la nave, así como la producción diaria que proporcionarán las placas. Tanto el consumo como la producción habrá que analizarlos mes a mes durante un año.

Se analizarán dos días tipo: Uno con una jornada de 8 h y 30 min (lunes a jueves) y uno de 6 h (viernes) los festivos y fines de semana se van a obviar, pues tan sólo hay un consumo mínimo residual y no aportan mucho valor.

Producción:

La producción de energía eléctrica de la instalación vendrá determinada por el número de paneles solares a instalar.

Se hará el diseño, tanto para el caso de paneles coplanarios como inclinados, procurando aprovechar al máximo el espacio disponible de forma que se pueda traducir esto en una mayor producción de energía y, en consecuencia, en mayores beneficios al inyectar los excedentes a la red.

$$\text{Producción de la instalación: } \frac{\text{Potencia}_{\text{panel}} * \text{Irradiancia} * N_{\text{paneles}} * C_{\text{pérdidas}}}{\text{Irradiancia}_{\text{CEM}}}$$

-Producción instalación: En kWh.

-Irradiancia: La recibida en kWh/m².

-Npaneles: El número de paneles solares que componen la instalación.

-Cpérdidas: Coeficiente que representa las pérdidas en la instalación, se considerará que hay un 16 %, es decir; el coeficiente será de 0,84.

-Irradiancia CEM: Valor de Irradiancia en condiciones estándar, en kW/m².

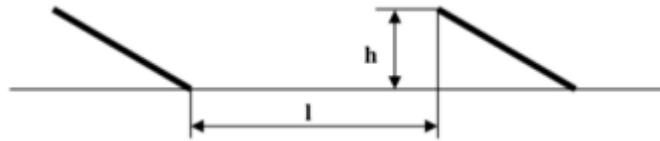
Conociendo la máxima potencia que entregarán las placas (incluyendo las pérdidas) se elegirá un inversor de como mínimo esa potencia.

Una característica de gran interés a tener en cuenta en lo que a la elección del inversor se refiere, va a ser que la potencia admisible a la entrada, sea como mínimo un 20% mayor que la potencia que pueda entregar a su salida, obteniendo de esta forma, un margen de sobredimensionamiento, para compensar las pérdidas producidas en la instalación.

Disposición de las placas:

El techo de la nave donde se van a colocar las placas es plano y rectangular. El ángulo de inclinación de las placas será de 30 ° y estarán orientadas hacia el sur.

Teniendo en cuenta las medidas de los paneles a instalar, la distancia entre una fila y otra para que no se den sombra se conseguirá aplicando la siguiente fórmula:



$$l = \frac{h}{\tan(61^\circ - \text{latitud})}$$

Extraída del (PLC MADRID SLU, 2024), donde se recomienda que para la provincia, se tome una latitud de 39° 20' N

Para el caso de las placas coplanarias, se instalarán todas juntas dejando una distancia de metros con respecto a los límites del techo para facilitar la circulación en caso de que hubiese que realizar alguna reparación. También se instalarán líneas de vida en el tejado para garantizar la seguridad de quien tenga que subirse a realizar las reparaciones.

Cableado:

Los cables que han de unir las placas con el inversor, según lo indicado en la ITC-BT-40: Han de estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador (la intensidad de cortocircuito), la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior no será superior al 1,5 % para la intensidad nominal.

Protecciones:

Según lo indicado en el Real Decreto-ley 15/2018, al ser una instalación generadora para suministro de autoconsumo con excedentes, se conectarán a la instalación interior mediante un circuito independiente, partiendo del cuadro general de mando y protección de la instalación interior, para poder cortar en algún momento determinado, la línea que va del inversor al cuadro general.

En el lado de continua, para proteger los conductores y el inversor, se colocarán fusibles, dos para cada cadena, pues, si bien el reglamento no lo exige, se recomienda colocar un fusible para el polo positivo y otro para el negativo.

Puesta a tierra:

El esquema de puesta a tierra será el TT, conectándose todo lo que forme parte del lado de corriente alterna, que pueda requerirlo, a la tierra que tiene la nave. Para el lado de corriente continua no hay necesidad, pues los paneles al tratarse de receptores de clase 2 (con aislamiento reforzado) no hay necesidad de conectarlos a tierra.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

CÁLCULOS

Dimensionado de las líneas:

Según lo indicado previamente en los apartados de la memoria descriptiva, se ha dimensionado la instalación de acuerdo con las diferentes normativas y reglamentaciones mencionadas anteriormente en el presente proyecto. De esta forma se muestra a modo de ejemplo los pasos requeridos para el cálculo de la línea que enlaza el transformador con el cuadro general y la que enlaza el cuadro general con el resto de la instalación. Del mismo modo, se recogen en una tabla resumen los resultados obtenidos del resto de líneas.

Intensidad de diseño:

Para las líneas que salen del transformador al cuadro, hay que tener en cuenta la potencia del transformador, que es de 400 kVA. Al tratarse de un circuito trifásico, se calcula de la siguiente manera:

$$I = \frac{400 * 10^3 \text{VA}}{\sqrt{3} * 420 \text{V}} = 550 \text{ A}$$

Según el tipo de receptor, puede suceder que el reglamento nos exija aplicar un sobredimensionamiento a este valor de corriente, no es este caso.

Para las líneas que salen del cuadro general al resto de la instalación, hay que tener en cuenta la suma de las potencias de todos los receptores que se han tenido en cuenta, que, para este caso, se trata de 254,624 kW (redondeando, 255 kW), como también es un circuito trifásico, se calcula de la misma forma, teniendo en cuenta un $\cos \varphi$ igual a 0,9:

$$I = \frac{255 * 10^3 \text{W}}{\sqrt{3} * 400 \text{V} * 0,9} = 409 \text{ A}$$

Para este caso, tampoco ha sido necesario aplicar un coeficiente de sobredimensionamiento a este valor de intensidad.

Intensidad máxima admisible:

El siguiente paso es escoger el tipo de material del conductor (cobre o aluminio), el aislante que tendrá el conductor (XLPE, EPR o PVC) y su tensión asignada (450/750 V, 0,6/1 kV...) Como se ha indicado con anterioridad, se emplearán conductores unipolares de cobre de tensión nominal 0,6/1 kV, no propagadores de incendios y con emisión de humos y opacidad reducida, pudiéndose emplear de otros tipos de ser necesario. El aislamiento escogido es el polietileno reticulado (XLPE).

Una vez conocida la información anterior, hay que buscar la tabla correspondiente a nuestra instalación, los cables a la salida del transformador, serán llevados mediante bandejas a través de la pared al cuadro general. Para los cables que salen del cuadro general serán llevados mediante bandejas a través de las paredes o por el techo (según sea requerido) a los distintos sub-cuadros de la instalación. Bien es cierto que se podrían llevar enterrados en algunos casos, pero eso implicaría un aumento en el precio de la instalación, en este caso como es un propietario es privado y es el dueño de ambas naves, se puede hacer la distribución a través de las paredes de una nave a otra, mediante los techos, etc...



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes		3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B		Conductores aislados en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra				3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos ²⁾ en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ³⁾					3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ⁴⁾ Distancia a la pared no inferior a 0.3D ⁴⁾						3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁵⁾ Distancia a la pared no inferior a D ⁵⁾						3x PVC			3x XLPE o EPR ⁶⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁶⁾								3x PVC ⁷⁾		3x XLPE o EPR
Cobre	mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
	2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
	4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
	6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
	10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
	16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
	25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
	35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
	50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	250
	70				149	160	171	188	202	224	244	321
	95				180	194	207	230	245	271	296	391
	120				208	225	240	267	284	314	348	455
	150				236	260	278	310	338	363	404	525
185				268	297	317	354	386	415	464	601	
240				315	350	374	419	455	490	552	711	
300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Imagen 26. Extraída del REBT

N.º de capas	2	3	4 o 5	6 o 8	9 o más
Factor	0,8	0,73	0,70	0,68	0,66

Imagen 27. Extraída del (Miguel, 2021)

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
PVC	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57	—	—	—	—
XLPE o EPR	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78	0,71	0,64	0,55	0,45

Imagen 38. Extraída del (Miguel, 2021)

Disposición	Número de circuitos o cables multipolares									
	1	2	3	4	6	9	12	16	20	
Agrupados en el aire, en una superficie, empotrados o en el interior de una envolvente.	1,00	0,80	0,70	0,70	0,55	0,50	0,45	0,40	0,40	
Capa única sobre muros, suelos o bandejas no perforadas.	1,00	0,85	0,80	0,75	0,70	0,70	Sin corrección suplementaria para más de 9 circuitos o cables multipolares.			
Capa única fijada directamente al techo.	0,95	0,80	0,70	0,70	0,65	0,60				
Capa única sobre bandejas perforadas horizontales o verticales.	1,00	0,90	0,80	0,75	0,75	0,70				
Capa única sobre bandeja de escalera, soportes o bridas de amarre, etc.	1,00	0,85	0,80	0,80	0,80	0,8				

Imagen 29. Extraída del (Miguel, 2021)

Para el caso del transformador, como la intensidad a transportar por fase es de 550 A, se ha optado por emplear dos cables por fase de 150 mm², considerando una temperatura de 45°C (K=0,96) y que van a ir en una capa única sobre bandeja perforada horizontal o vertical. Los dos cables de cada fase; seis conductores en total (K = 0,75), obtenemos:

$$I_z = 2 * 458 * 0,96 * 0,75 = 659,52 \text{ A}$$

Empleando dos cables de 120 mm^2 habríamos obtenido 571 A (que también sería válido), pero al haber solo 21 A de sobredimensionamiento, se ha optado por escoger cable se la sección superior por si acaso.

Caída de tensión:

En este paso se comprobará que la caída de tensión máxima del circuito que se esté analizando, no sobrepase la establecida por el reglamento. Que en el presente caso es del 4,5% para alumbrado y del 6 % para otros usos.

En este caso se va a obtener para el caso más restrictivo; uno de los circuitos de alumbrado del cuadro 6.

Se va a calcular la caída de tensión desde la salida del cuadro general hasta el cuadro secundario y del cuadro secundario a la luminaria más alejada del circuito.

-Del general al secundario:

$$e = \frac{90 \text{ m} * 25,24 * 10^3 \text{ W}}{44 \left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \right) * 16 \text{ mm}^2 * 400 \text{ V}} = 8 \text{ V}$$

$$e (\%) = \frac{8 \text{ V}}{400 \text{ V}} * 100 = 2 \%$$

-Del secundario a la última luminaria:

$$e = \frac{2 * 25 \text{ m} * 1,62 * 10^3 \text{ W}}{44 \left(\frac{\text{m}}{\Omega \text{ mm}^2} \right) * 2,5 \text{ mm}^2 * 230 \text{ V}} = 1,6 \text{ V}$$

$$e (\%) = \frac{3,2 \text{ V}}{230 \text{ V}} * 100 = 1,4 \%$$

$$\text{Caída de tensión total} = 2 \% + 1,4 \% = 3,4 \%$$

Se cumple el criterio de caída de tensión, este cálculo se ha de realizar para todos los cuadros secundarios y todos los receptores de la instalación.



CUADRO SECUNDARIO 1 (15,012 kW, 10 mm ² y 27 m desde CGBT)												
CIRCUITO	POT DEMANDADA (W)	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	SECCIÓN (mm ²)	ASLANTE	F CORRECCIÓN	In (A)	Iz (A)	c.d.t (%) al cuadro	c.d.t (%) al receptor	c.d.t (%) final	
Alumbrado	1512	230	26	2,5	XLPE	0,864	7,73401535	24,192	0,56	1,351159993	1,91159993	
Frigorífico	1000	230	8	2,5	XLPE	0,864	5,11508951	24,192	0,56	0,274961334	0,834961334	
Cafetera	2000	230	7	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,56	0,481182334	1,041182334	
Cafetera de filtro	2000	230	7	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,56	0,481182334	1,041182334	
Dispensador de agua + microondas	1500	230	7	2,5	XLPE	0,864	7,67263427	24,192	0,56	0,36088675	0,92088675	
Aire acondicionado 1	2000	230	6	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,56	0,171850833	0,731850833	
Aire acondicionado 2	2000	230	15	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,56	0,429627084	0,989627084	
TC distintos usos	1000	230	6	2,5	XLPE	0,864	5,11508951	24,192	0,56	0,206221	0,766221	
Secador 1 y 2	2000	230	27	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,56	1,855989002	2,415989002	



CUADRO SECUNDARIO 2 (98,74 kW, 95 mm² y 20 m desde CGBT)

CIRCUITO	POT DEMANDADA (W)	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	SECCIÓN (mm ²)	AISLANTE	F CORRECCIÓN	In (A)	Iz (A)	c..d.t (%) al cuadro	c.d.t (%) al receptor	c.d.t (%) final
Soldador 1	18000	400	7	16	XLPE	0,8	30,6018361	57,6	0,3	0,111860795	0,411860795
Soldador 2	18000	400	8	16	XLPE	0,8	30,6018361	57,6	0,3	0,127840909	0,427840909
Equilibradora 1	3000	230	10	4	XLPE	0,864	15,3452685	32,832	0,3	0,644440626	0,944440626
Equilibradora 2	3000	230	12	4	XLPE	0,864	15,3452685	32,832	0,3	0,773328751	1,073328751
Frenómetro	31000	400	14	25	XLPE	0,8	52,7031622	72,8	0,3	0,246590909	0,546590909
Elevador	7360	230	16	10	XLPE	0,864	37,6470588	58,752	0,3	1,011857708	1,311857708
Desmontadora ruedas 1	4400	400	18	4	XLPE	0,8	7,48044883	24	0,3	0,28125	0,58125
Desmontadora ruedas 2	4400	400	19	4	XLPE	0,8	7,48044883	24	0,3	0,296875	0,596875
Puertas metálicas	4000	230	31	4	XLPE	0,864	20,4603581	32,832	0,3	2,663687919	2,963687919
Alumbrado (L1)	1860	230	25	2,5	XLPE	0,864	9,5140665	24,192	0,3	1,598212751	1,898212751
Alumbrado (L2)	1860	230	35	2,5	XLPE	0,864	9,5140665	24,192	0,3	2,237497852	2,537497852
Alumbrado (L3)	1860	230	45	2,5	XLPE	0,864	9,5140665	24,192	0,3	2,876782952	3,176782952



CUADRO SECUNDARIO 3 (54,652 kW, 50mm ² y 55 m desde CGBT)											
CIRCUITO	POT DEMANDADA (W)	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	ECCCIÓN (mm)	AISLANTE	F CORRECCIÓN	In (A)	Iz (A)	c..d.t (%) al cuadro	.d.t (%) al receptor	c.d.t (%) final
Alumbrado	1512	230	28	2,5	XLPE	0,864	7,73401535	24,192	0,87	1,455095377	2,325095377
Frigorífico	1000	230	12	2,5	XLPE	0,864	5,11508951	24,192	0,87	0,412442	1,282442
Cafetera	2000	230	12	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,87	0,824884001	1,694884001
Cafetera de filtro	2000	230	12	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,87	0,824884001	1,694884001
Dispensador de agua + microondas	1500	230	11	2,5	XLPE	0,864	7,67263427	24,192	0,87	0,56710775	1,43710775
Aire acondicionado 1	2000	230	12	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,87	0,343701667	1,213701667
Aire acondicionado 2	2000	230	21	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,87	0,601477917	1,471477917
Tc distintos usos	1000	230	10	2,5	XLPE	0,864	5,11508951	24,192	0,87	0,343701667	1,213701667
Alumbrado almacén (L1)	1820	230	33	2,5	XLPE	0,864	9,30946292	24,192	0,87	2,064272212	2,934272212
Alumbrado almacén (L2)	1820	230	40	2,5	XLPE	0,864	9,30946292	24,192	0,87	2,502148135	3,372148135
Carretilla elevadora	36000	400	10	35	XLPE	0,8	61,2036722	80	0,87	0,146103896	1,016103896
Secador 1 y 2	2000	230	24	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,87	1,649768001	2,519768001



CUADRO SECUNDARIO 4 (26,992 kW, 16 mm² y 30 m desde CGBT)

CIRCUITO	POT DEMANDADA (W)	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	SECCIÓN (mm ²)	AISLANTE	F CORRECCIÓN	In (A)	Iz (A)	c.d.t (%) al cuadro	c.d.t (%) al receptor	c.d.t (%) final
Alumbrado Contabilidad	1440	230	15	2,5	XLPE	0,864	7,3657289	24,192	0,725	0,742395601	1,467395601
Alumbrado Despachos	2052	230	32	2,5	XLPE	0,864	10,4961637	24,192	0,725	2,256882626	2,981882626
Mesas 1	1500	230	9	2,5	XLPE	0,864	7,67263427	24,192	0,725	0,46399725	1,18899725
Mesas 2	2000	230	7	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,725	0,481182334	1,206182334
Mesas 3	2000	230	9	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,725	0,618663001	1,343663001
Secador 1 y 2	2000	230	17	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,725	1,168585668	1,893585668
Despacho 1 y 2	1500	230	10	2,5	XLPE	0,864	7,67263427	24,192	0,725	0,5155525	1,2405525
Despacho 3 y Secretaria	1500	230	20	2,5	XLPE	0,864	7,67263427	24,192	0,725	1,031105001	1,756105001
TC distintos usos	1000	230	35	2,5	XLPE	0,864	5,11508951	24,192	0,725	1,202955834	1,927955834
Aire acondicionado 1	2000	230	6	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,725	0,171850833	0,896850833
Aire acondicionado 2	2000	230	10	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,725	0,286418056	1,011418056
Aire acondicionado 3	2000	230	15	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,725	0,429627084	1,154627084
Aire acondicionado 4	2000	230	8	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,725	0,229134445	0,954134445
Aire acondicionado 5	2000	230	12	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,725	0,343701667	1,068701667
Aire acondicionado 6	2000	230	20	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,725	0,572836112	1,297836112

CUADRO SECUNDARIO 5 (34,208 kW, 25 mm², 35 m desde CGBT)

CIRCUITO	POT DEMANDADA (W)	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	SECCIÓN (mm ²)	AISLANTE	F CORRECCIÓN	In (A)	Iz (A)	c.d.t. (%) al cuadro	c.d.t. (%) al receptor	c.d.t. (%) final
Alumbrado Pasillos y Aseos	1692	230	28	2,5	XLPE	0,864	8,65473146	24,192	0,68	1,628321017	2,308321017
Alumbrado Ingenieros	2016	230	18	2,5	XLPE	0,864	10,3120205	24,192	0,68	1,247224609	1,927224609
Mesas 1	2000	230	17	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,168585668	1,848585668
Mesas 2	2000	230	15	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,031105001	1,711105001
Mesas 3	2000	230	20	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,374806668	2,054806668
Mesas 4	2000	230	18	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,237326001	1,917326001
Mesas 5	2000	230	24	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,649768001	2,329768001
Mesas 6	2000	230	22	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,512287335	2,192287335
Mesas 7	2000	230	26	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,787248668	2,467248668
Mesas 8	2000	230	24	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	1,649768001	2,329768001
Secador 1 y 2	2000	230	8	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	0,68	0,549922667	1,229922667
Despacho 1 y 2	1500	230	22	2,5	XLPE	0,864	7,67263427	24,192	0,68	1,134215501	1,814215501
TC distintos usos	1000	230	28	2,5	XLPE	0,864	5,11508951	24,192	0,68	0,962364667	1,642364667
Aire acondicionado 1	2000	230	16	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,68	0,458268889	1,138268889
Aire acondicionado 2	2000	230	21	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,68	0,601477917	1,281477917
Aire acondicionado 3	2000	230	26	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,68	0,744686945	1,424686945
Aire acondicionado 4	2000	230	14	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,68	0,400985278	1,080985278
Aire acondicionado 5	2000	230	20	6	XLPE	0,864	10,230179	42,336	0,68	0,572836112	1,252836112

CUADRO SECUNDARIO 6 (25,24.kW, 16 mm ² , 90 m desde CGBT)												
CIRCUITO	POT DEMANDADA (W)	TENSIÓN (V)	LONGITUD (m)	SECCIÓN (mm ²)	AISLANTE	F CORRECCIÓN	In (A)	Iz (A)	c.d.t (%) al cuadro	c.d.t (%) al receptor	c.d.t (%) final	
Alumbrado Ingenieros (L1)	1620	230	30	2,5	XLPE	0,864	8,28644501	24,192	2	1,670390101	3,670390101	
Alumbrado Ingenieros (L2)	1620	230	25	2,5	XLPE	0,864	8,28644501	24,192	2	1,391991751	3,391991751	
Mesas 1	2000	230	16	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	1,099845334	3,099845334	
Mesas 2	2000	230	13	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	0,893624334	2,893624334	
Mesas 3	2000	230	25	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	1,718508335	3,718508335	
Mesas 4	2000	230	22	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	1,512287335	3,512287335	
Mesas 5	2000	230	34	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	2,337171335	4,337171335	
Mesas 6	2000	230	31	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	2,130950335	4,130950335	
Mesas 7	2000	230	41	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	2,818353669	4,818353669	
Mesas 8	2000	230	38	2,5	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	2,612132669	4,612132669	
Aire acondicionado 1	2000	230	13	6	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	0,372343473	2,372343473	
Aire acondicionado 2	2000	230	18	6	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	0,5155525	2,5155525	
Aire acondicionado 3	2000	230	23	6	XLPE	0,864	10,230179	24,192	2	0,658761528	2,658761528	

Cálculo de la intensidad de cortocircuito:

En base a lo indicado en el (PLC Madrid SLU, 2023), como generalmente se desconoce la impedancia del circuito de alimentación a la red (impedancia del transformador, red de distribución y acometida) se admite que en caso de cortocircuito la tensión en el inicio de las instalaciones de los usuarios se puede considerar como 0,8 veces la tensión de suministro. Se toma el defecto fase-tierra como el más desfavorable y además se supone despreciable la inductancia de los cables.

Por ello, para los valores de I_{cc} mínimo se ha empleado la siguiente fórmula:

$$I_{cc \text{ min}} = \frac{0,8 * 230 \text{ V}}{2 * R_{\text{transformador}} + 2 * R_{\text{CGBT}} + 2 * R_{\text{CI}}}$$

Siendo:

- $R_{\text{transformador}}$: Resistencia del conductor a la salida del transformador.

- R_{CGBT} : Resistencia del conductor a la salida del cuadro general.

- R_{CI} : Resistencia del conductor para el receptor más alejado.

Para calcular los valores resistivos máximos de los conductores y hallar la intensidad de cortocircuito mínimo, se optará por la temperatura máxima admisible por el conductor (90º)

Para calcular los valores de I_{cc} máxima se ha empleado la siguiente fórmula:

$$I_{CC \text{ máx}} = \frac{0,8 * 230 \text{ V}}{2 * R_{\text{transformador}} + 2 * R_{\text{CGBT}}}$$

En este caso, para calcular la resistencia del conductor y hallar la intensidad de cortocircuito máximo, se utilizarán los valores resistivos mínimos, utilizando la temperatura de los conductores a 20º.

También se ha calculado el valor de intensidad de cortocircuito máxima permitida por el conductor en caso de verse afectado por un tiempo de 5s (valor tomado del (PLC MADRID SLU, 2024)), como es de suponer, el conductor no se verá afectado, pues la protección actuará antes.

Cuadro por cuadro, los resultados obtenidos para los receptores, son los siguientes:

CIRCUITO	lcc min (A)	lcc max (A)	lcc máx conductor (A)
Alumbrado	303,797468	1847,38956	159,8788604
Frigorífico	670,391061	1847,38956	159,8788604
Cafetera	718,562874	1847,38956	159,8788604
Cafetera de filtro	718,562874	1847,38956	159,8788604
Dispensador de agua + microondas	718,562874	1847,38956	159,8788604
Aire acondicionado 1	1061,9469	1847,38956	383,7092649
Aire acondicionado 2	759,493671	1847,38956	383,7092649
TC distintos usos	774,193548	1847,38956	159,8788604
Secador 1 y 2	294,840295	1847,38956	159,8788604

CIRCUITO	lcc min (A)	lcc max (A)	lcc máx conductor (A)
Soldador 1	5596,80884	18438,8186	1023,224707
Soldador 2	5146,72686	18438,8186	1023,224707
Equilibradora 1	1440,30322	18438,8186	255,8061766
Equilibradora 2	1220,55675	18438,8186	255,8061766
Frenómetro	4777,87091	18438,8186	1598,788604
Elevador	2130,84112	18438,8186	639,5154416
Desmontadora ruedas 1	837,311788	18438,8186	255,8061766
Desmontadora ruedas 2	795,672657	18438,8186	255,8061766
Puertas metálicas	498,306196	18438,8186	255,8061766
Alumbrado (L1)	389,211335	18438,8186	159,8788604
Alumbrado (L2)	280,167117	18438,8186	159,8788604
Alumbrado (L3)	218,851987	18438,8186	159,8788604

CIRCUITO	lcc min (A)	lcc max (A)	lcc máx conductor (A)
Alumbrado	323,450135	4380,95238	159,8788604
Frigorífico	670,391061	4380,95238	159,8788604
Cafetera	670,391061	4380,95238	159,8788604
Cafetera de filtro	670,391061	4380,95238	159,8788604
Dispensador de agua + microondas	718,562874	4380,95238	159,8788604
Aire acondicionado 1	1263,15789	4380,95238	383,7092649
Aire acondicionado 2	857,142857	4380,95238	383,7092649
TC distintos usos	774,193548	4380,95238	159,8788604
Alumbrado almacén (L1)	278,422274	4380,95238	159,8788604
Alumbrado almacén (L2)	233,009709	4380,95238	159,8788604
Carretilla elevadora	2754,09836	4380,95238	2238,304045
Secador 1 y 2	371,517028	4380,95238	159,8788604

CIRCUITO	lcc min (A)	lcc max (A)	lcc máx conductor (A)
Alumbrado Contabilidad	503,672613	2632,3319	159,8788604
Alumbrado Despachos	271,33974	2632,3319	159,8788604
Mesas 1	721,804511	2632,3319	159,8788604
Mesas 2	843,585237	2632,3319	159,8788604
Mesas 3	721,804511	2632,3319	159,8788604
Secador 1 y 2	457,578646	2632,3319	159,8788604
Despacho 1 y 2	673,211781	2632,3319	159,8788604
Despacho 3 y Secretaria	402,347024	2632,3319	159,8788604
TC distintos usos	250,914794	2632,3319	159,8788604
Aire acondicionado 1	1359,77337	2632,3319	383,7092649
Aire acondicionado 2	1108,54503	2632,3319	383,7092649
Aire acondicionado 3	900,562852	2632,3319	383,7092649
Aire acondicionado 4	1221,37405	2632,3319	383,7092649
Aire acondicionado 5	1014,79915	2632,3319	383,7092649
Aire acondicionado 6	758,293839	2632,3319	383,7092649

CIRCUITO	lcc min (A)	lcc max (A)	lcc máx conductor (A)
Alumbrado Pasillos y Aseos	315,789474	3484,84848	159,8788604
Alumbrado Ingenieros	461,538462	3484,84848	159,8788604
Mesas 1	483,870968	3484,84848	159,8788604
Mesas 2	535,714286	3484,84848	159,8788604
Mesas 3	422,535211	3484,84848	159,8788604
Mesas 4	461,538462	3484,84848	159,8788604
Mesas 5	361,445783	3484,84848	159,8788604
Mesas 6	389,61039	3484,84848	159,8788604
Mesas 7	337,078652	3484,84848	159,8788604
Mesas 8	361,445783	3484,84848	159,8788604
Secador 1 y 2	857,142857	3484,84848	159,8788604
Despacho 1 y 2	389,61039	3484,84848	159,8788604
TC distintos usos	315,789474	3484,84848	159,8788604
Aire acondicionado 1	967,741935	3484,84848	383,7092649
Aire acondicionado 2	805,369128	3484,84848	383,7092649
Aire acondicionado 3	689,655172	3484,84848	383,7092649
Aire acondicionado 4	1052,63158	3484,84848	383,7092649
Aire acondicionado 5	833,333333	3484,84848	383,7092649

CIRCUITO	lcc min (A)	lcc max (A)	lcc máx conductor (A)
Alumbrado Ingenieros (L1)	226,095148	897,999024	159,8788604
Alumbrado Ingenieros (L2)	254,912374	897,999024	159,8788604
Mesas 1	330,80634	897,999024	159,8788604
Mesas 2	367,253252	897,999024	159,8788604
Mesas 3	254,912374	897,999024	159,8788604
Mesas 4	276,020702	897,999024	159,8788604
Mesas 5	207,343413	897,999024	159,8788604
Mesas 6	221,096269	897,999024	159,8788604
Mesas 7	181,06375	897,999024	159,8788604
Mesas 8	191,463901	897,999024	159,8788604
Aire acondicionado 1	509,013786	897,999024	383,7092649
Aire acondicionado 2	460,21093	897,999024	383,7092649
Aire acondicionado 3	419,947507	897,999024	383,7092649

Instalación fotovoltaica

Se ha realizado un análisis de los consumos de ambas naves a lo largo de cada día de cada mes en intervalos de una hora. Para ello, como se mencionó con anterioridad, se han tenido en cuenta dos modelos de día; con jornada normal de 8 h y 30 min, que representa el modelo de lunes a jueves en muchas empresas y otro día con media jornada de 6 h, que representa el modelo de viernes. Todos los meses del año se demanda una cantidad de energía muy semejante (a efectos de cálculo se ha considerado idéntica), puesto que el consumo más significativo de un mes para otro es el uso de los aires acondicionados y en esta situación se ha considerado que están siempre encendidos, de ésta forma, nos situamos en el caso más desfavorable y también se simplifican los cálculos. Se ha considerado que la maquinaria del taller funciona a unas horas concretas en unos periodos establecidos.

La instalación fotovoltaica se ha dimensionado con el fin de aprovechar al máximo el espacio disponible, traduciéndose esto en una mayor cantidad de beneficios y un periodo de amortización de la instalación más corto.

La empresa en cuestión trabaja con un horario flexible de entrada de 7:30 a 9:30, como no se conoce la rutina de cada trabajador, se ha optado por un modelo de entrada y salida más o menos escalonado, puesto que los consumos residuales cuando la empresa se encuentra cerrada son nimios en comparación con respecto a cuándo está abierta, se ha optado por considerarlos directamente 0 a fin de simplificar los cálculos.



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Horas (h)	Consumo (kWh)	
	Jornada completa	Media jornada
0:45	0	0
1:45	0	0
2:45	0	0
3:45	0	0
4:45	0	0
5:45	0	0
6:45	0	0
7:45	0	0
8:45	83,73	83,73
9:45	125,6	160
10:45	167,44	200
11:45	250	250
12:45	250	250
13:45	250	250
14:45	250	200
15:45	250	160
16:45	167,44	83,73
17:45	125,6	0
18:45	83,73	0
19:45	0	0
20:45	0	0
21:45	0	0
22:45	0	0
23:45	0	0

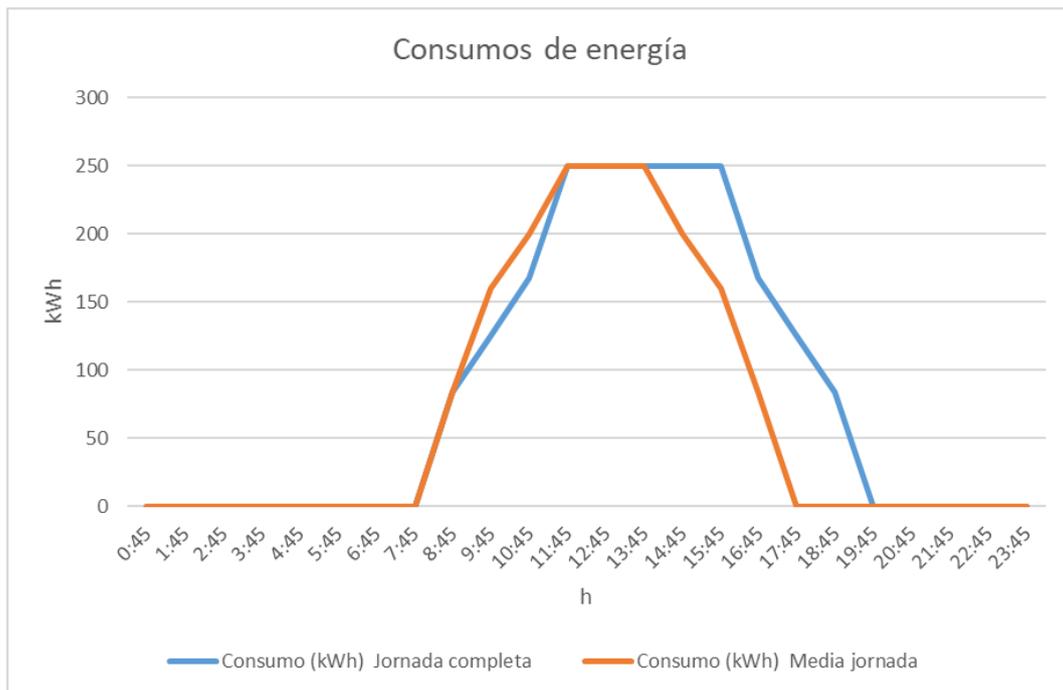


Imagen 30. Correspondiente al consumo estimado de un día.

Producción de energía

Los datos empleados para el presente apartado han sido extraídos de la página web “PVGIS”, con ella se han obtenido los valores de radiación de la zona en la cual se va a efectuar la instalación, eligiendo una inclinación y orientación que permita obtener el máximo rendimiento de la misma.

Se va a realizar una comparación de producción con un modelo de placas coplanarias al tejado (es decir, con una inclinación de 0 grados) y con un modelo de placas inclinadas mediante soportes a 30 grados.

Para obtener los datos, es importante seleccionar la pestaña de “Datos diarios” y marcar “Hora local” y en el plano fijo, marcar la “Irradiancia de cielo despejado” pues con esos valores con los que se ha de trabajar.



CONECTADO A LA RED

SEGUIMIENTO PV

FUERA DE LA RED

DATOS MENSUALES

DATOS DIARIOS

DATOS HORARIOS

TMY

DATOS DE IRRADIANCIA MEDIA DIARIA

Base de datos de radiación solar: PVGIS-SARAH2

Mes: Enero

Hora UTC Hora local

En plano fijo:

Irradiancia

Irradiancia de cielo despejado

Cuesta [°]: 35

Acimut [°]: 0

En el plano de seguimiento solar:

Irradiancia

Irradiancia de cielo despejado

Temperatura:

Perfil de temperatura diaria

Imagen 31. Correspondiente a una pestaña de PVGIS.

La radiación obtenida (en W/m^2) para cada mes en el caso de una inclinación de 30 grados es la siguiente:

Se ha optado por el siguiente modelo de panel solar de 550 Wp:

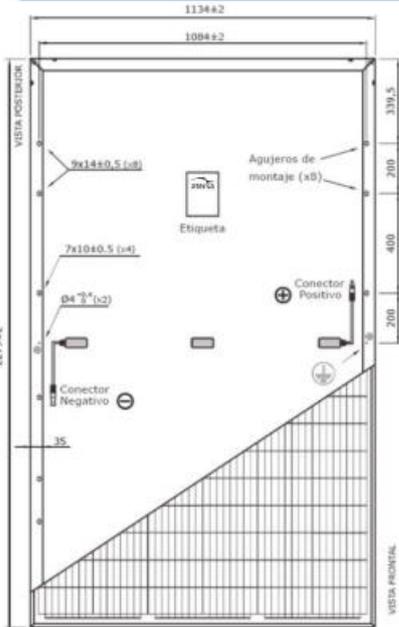
Características eléctricas	A-535M GS 144	A-540M GS 144	A-545M GS 144	A-550M GS 144
Potencia Máxima (Pmax)	535 Wp	540 Wp	545 Wp	550 Wp
Tensión Máxima Potencia (Vmp)	41.50 V	41.65 V	41.80 V	41.95 V
Corriente Máxima Potencia (Imp)	12.90 A	12.97 A	13.05 A	13.12 A
Tensión de Circuito Abierto (Voc)	49.35 V	49.50 V	49.65 V	49.80 V
Corriente en Cortocircuito (Isc)	13.78 A	13.85 A	13.92 A	13.98 A
Eficiencia del Módulo (%)	20.70	20.89	21.09	21.28
Tolerancia de Potencia (W)	0/+5			
Máxima Serie de Fusibles (A)	25			
Máxima Tensión del Sistema (IEC)	DC 1.500V			
Temperatura de Funcionamiento Normal de la Célula (°C)	45±2			

Características eléctricas medidas en Condiciones de Test Standard (STC), definidas como: Irradiación de 1000 w/m2, espectro AM 1.5 y temperatura de 25 °C.
Tolerancias medida STC: ±3% (Pmp); ±3% (Voc, Vmp); ±4% (Isc, Imp).
Best in Class AAA solar simulator (IEC 60904-9) used, power measurement uncertainty is within +/- 3%

Especificaciones mecánicas		Materiales de construcción	
Dimensiones (± 2.0 mm.)	2279x1134x35 mm	Cubierta frontal (material/tipo/espesor)*	Cristal templado/grado PV/3.2 mm
Peso (± 0.5 kg)	27.2 kg	Células (cantidad/tipo/dimensiones)	144 células (6x24)/ Mono PERC 9BB(10BB)/ 182x91 mm
Máx. carga estática, frontal (nieve y viento)	5400 Pa (*)	Marco (material/color)	Aleación de aluminio anodizado/plata
Máx. carga estática, posterior (viento)	2400 Pa (**)	Caja de conexiones (protección/nº diodos)	IP68/3 diodos
Máx. impacto granizo (diámetro/velocidad)	25 mm / 23 m/s	Cable (longitud/sección) / Conector	1400 mm. / 4 mm²/ Compatible MC4

(*) Utilizando 8 taladros de fijación.
(**) Utilizando los 4 taladros de fijación interiores.
(*) Con capa anti-reflectante

Dimensiones mecánicas



El dibujo está a escala.

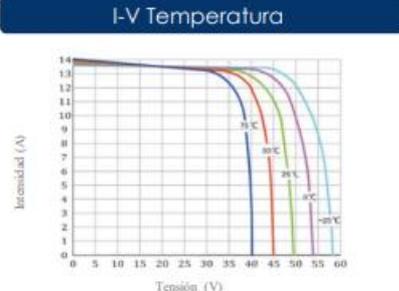
Características de temperatura

Coefficiente Temp. de Isc (TK Isc)	0.048 %/°C
Coefficiente Temp. de Voc (TK Voc)	-0.27 %/°C
Coefficiente Temp. de Pmax (TK Pmax)	-0.35 %/°C
Reducción eficiencia (200W/m2 25°C)	3.5% ±2%
Temperatura de funcionamiento	-40 a +85 °C

Embalaje

Módulos/palé	31
Palés/contenedor 40' HQ	20
Módulos/contenedor 40' HQ	620

I-V Temperatura



I-V Irradiación



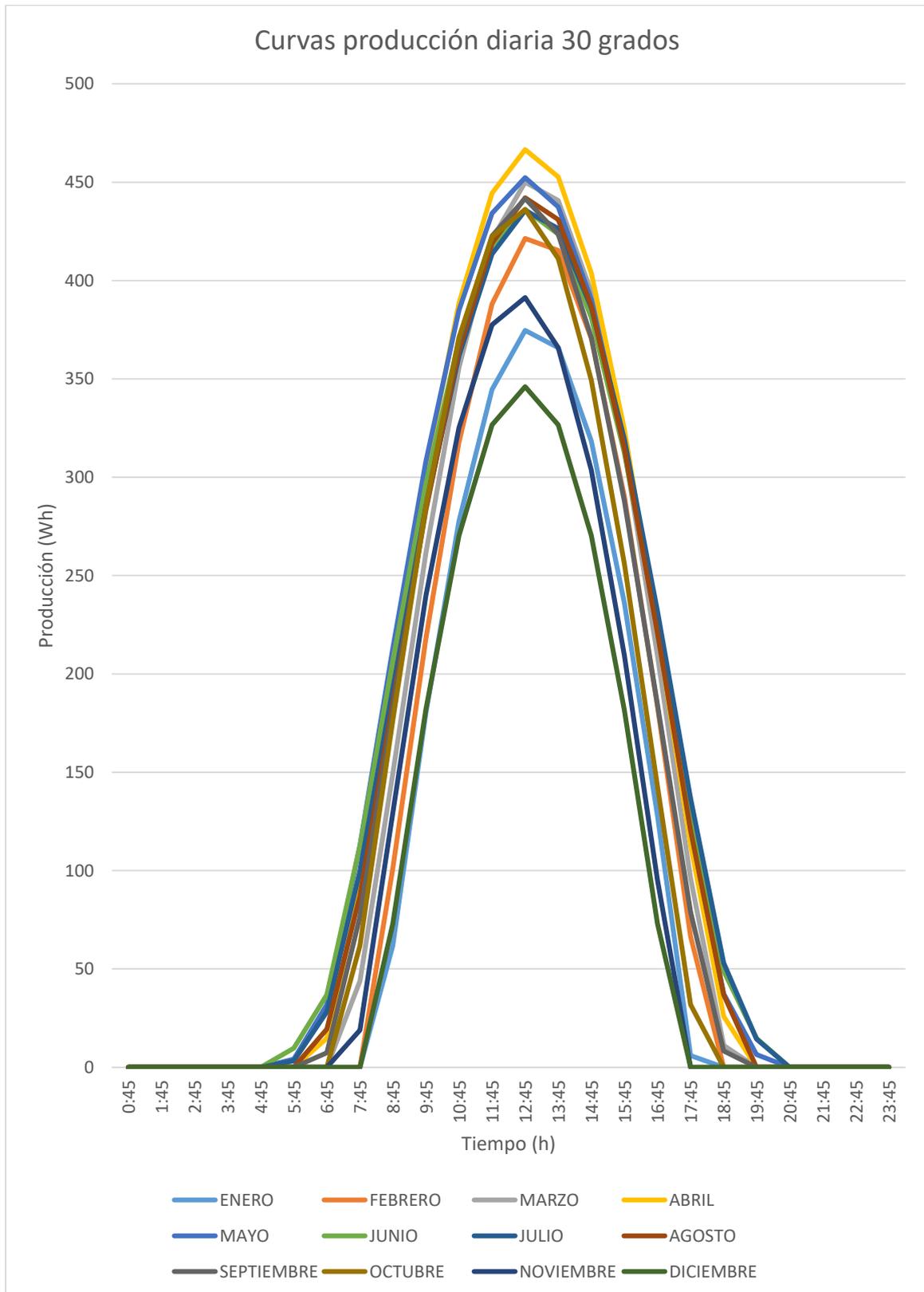
NOTA: Los datos contenidos en esta documentación están sujetos a modificación sin previo aviso.

Imagen 32. Correspondiente a la placa de características del panel de 550 W de Atersa (Atersa, 2019)

Sabiendo la potencia pico de la placa que se va a instalar, se calcula la potencia que ha de entregar para cada caso:

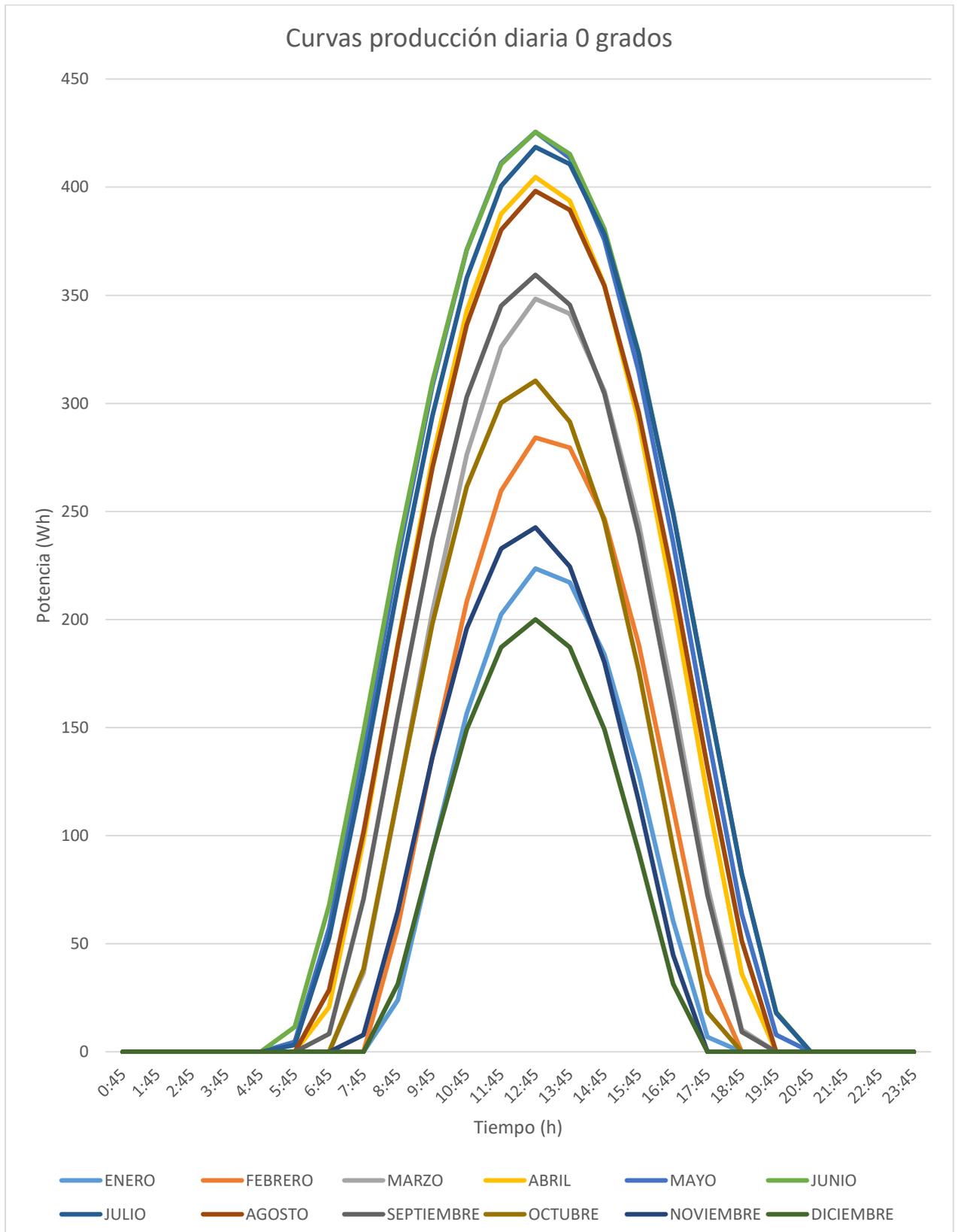
$$\text{Potencia de la placa (W)} = \frac{\text{Potencia pico (W)} * \text{Pérdidas (0,84)} * \text{Irradiancia } \left(\frac{\text{W}}{\text{m}^2}\right)}{1000}$$

Curva de producción diaria para una inclinación de 30°:





Curva de producción diaria para una inclinación de 0º:



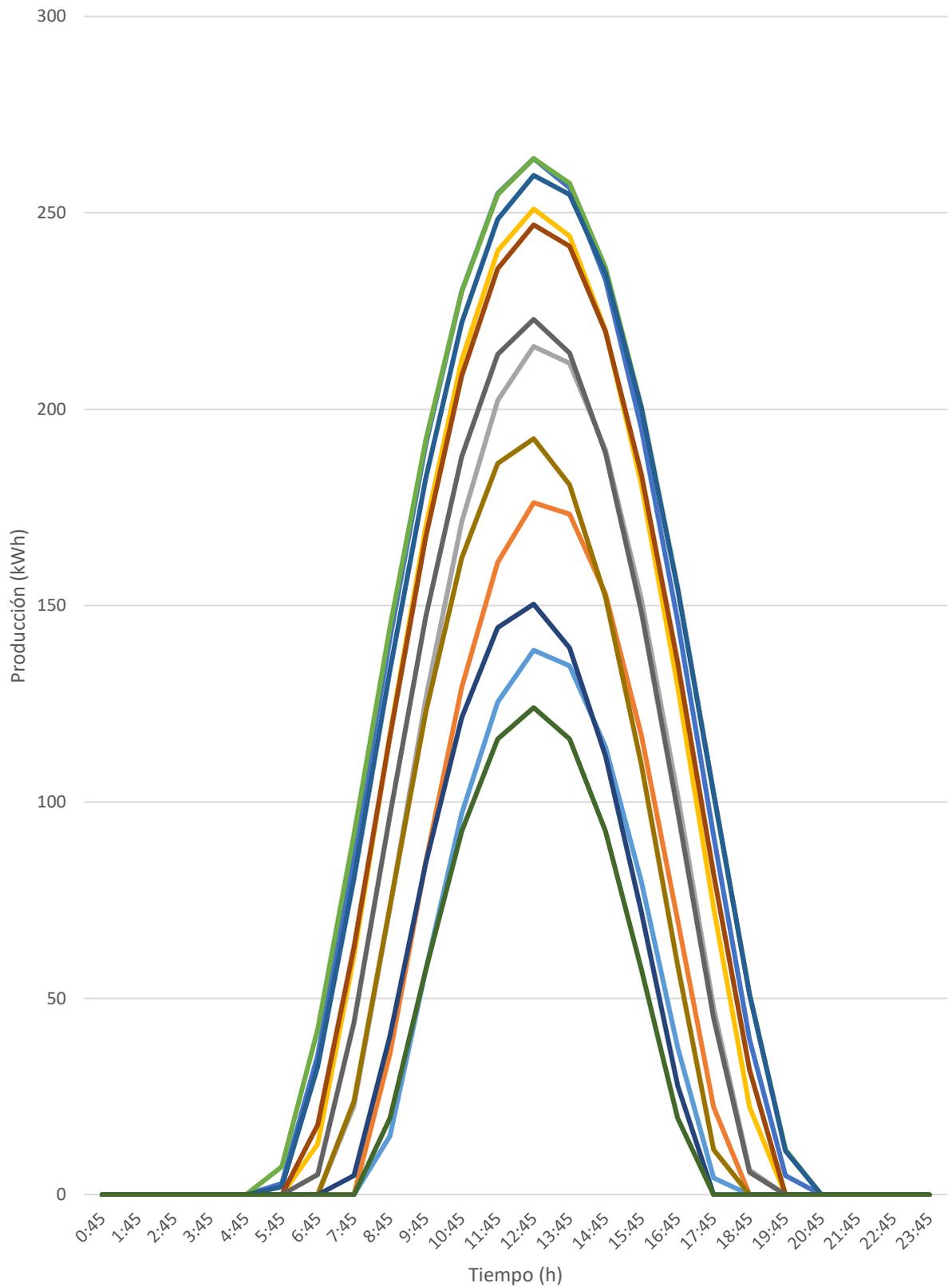
Placas a instalar

Para determinar el número de placas a instalar, la idea principal es hacerlo procurando aprovechar al máximo el espacio disponible en todo momento para ambos casos. La superficie de los tejados es de 50 m de largo por 40 m de ancho

La elección del número de placas en función del espacio disponible es de 310 placas con la inclinación de 30 grados y de 620 placas con el modelo de placas coplanarias. Al igual que se ha calculado la producción de una placa para cada mes del año, basta con incluir el número total de placas para tener la producción total de la instalación.



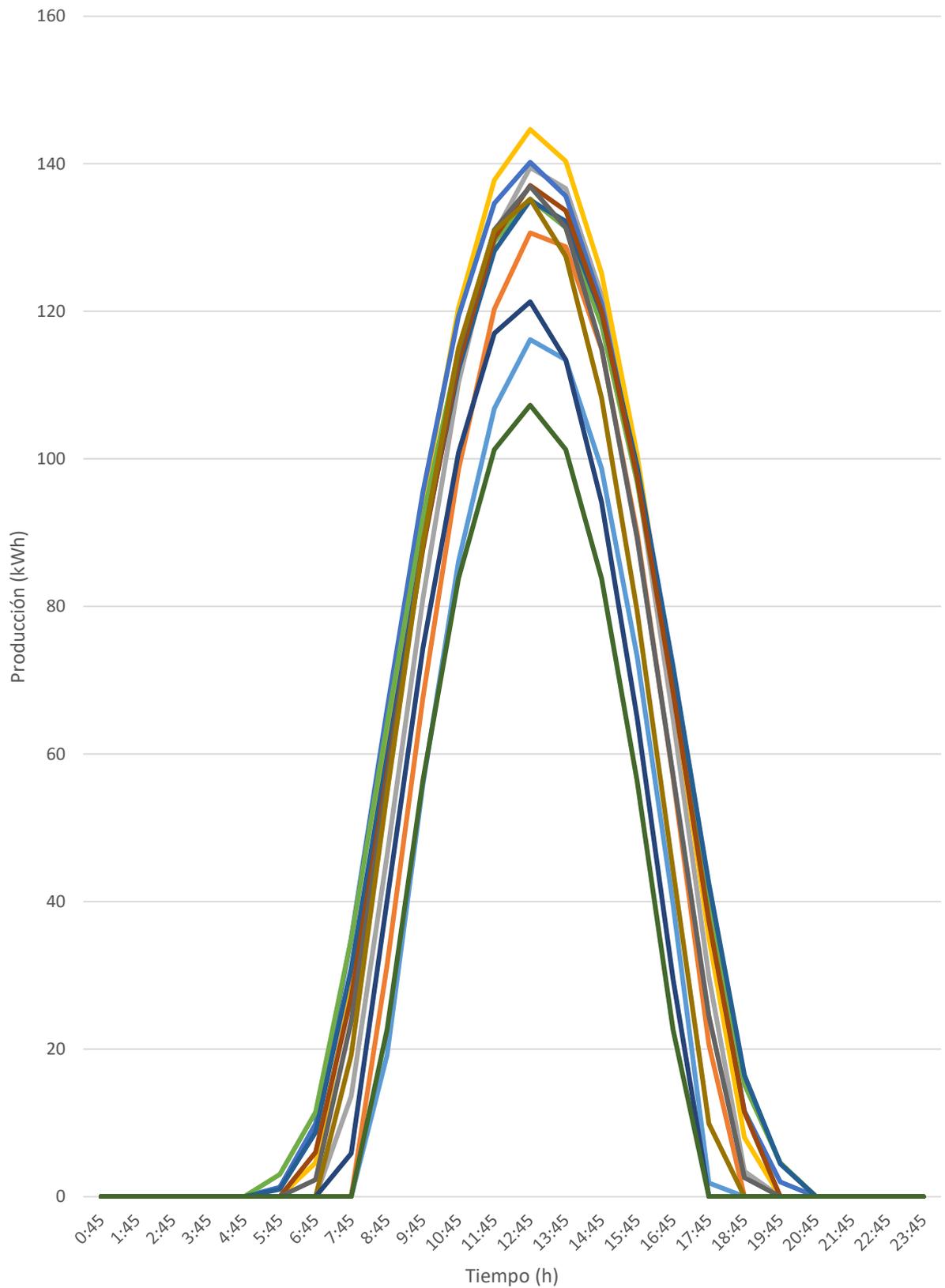
Producción instalación a 0 grados



- ENERO
- FEBRERO
- MARZO
- ABRIL
- MAYO
- JUNIO
- JULIO
- AGOSTO
- SEPTIEMBRE
- OCTUBRE
- NOVIEMBRE
- DICIEMBRE

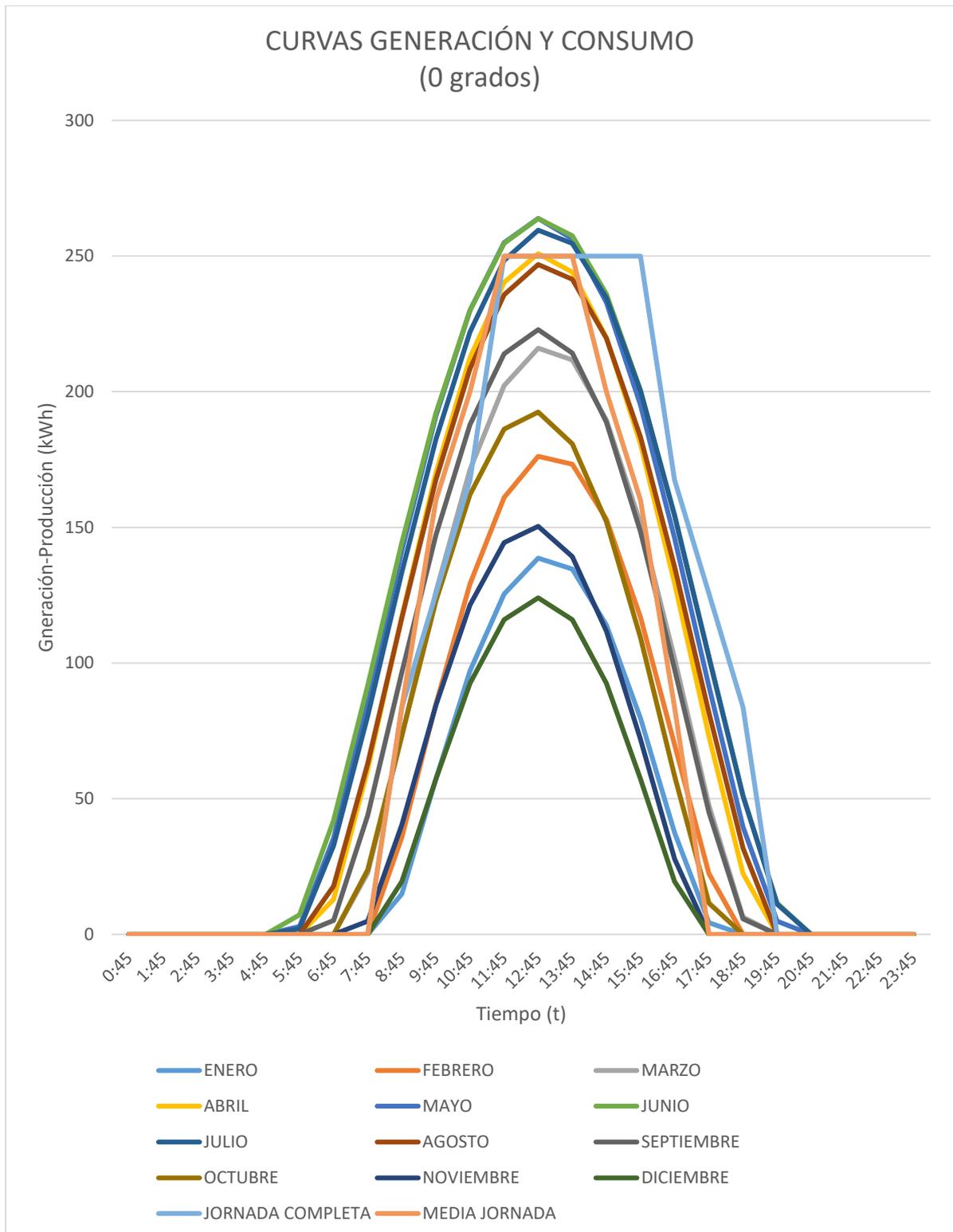


Producción instalación a 30 grados

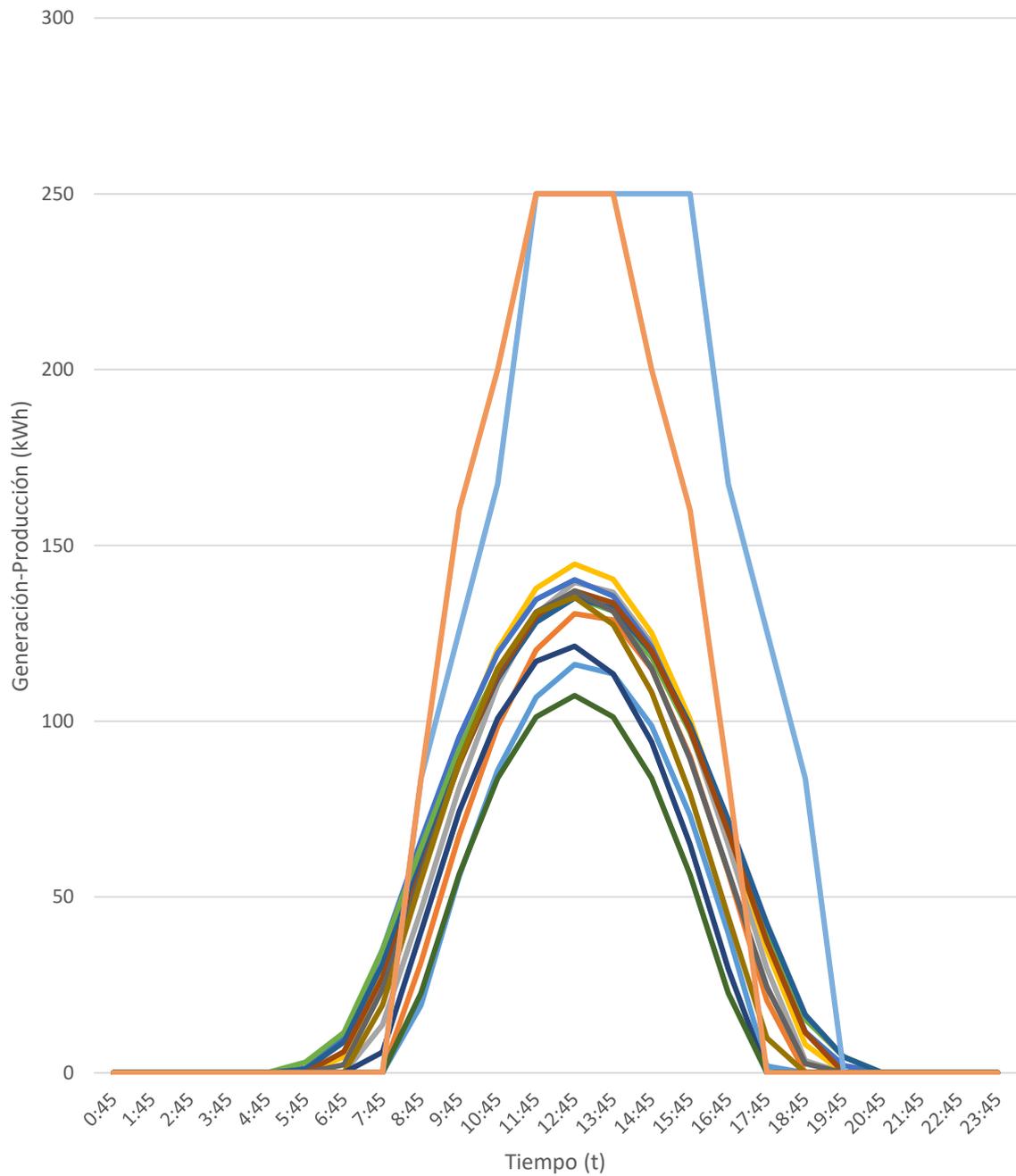


- ENERO
- FEBRERO
- MARZO
- ABRIL
- MAYO
- JUNIO
- JULIO
- AGOSTO
- SEPTIEMBRE
- OCTUBRE
- NOVIEMBRE
- DICIEMBRE

A continuación, se muestra una gráfica con todas las curvas de producción diaria para cada mes junto con las demandas de energía para cada tipo de día.



CURVAS GENERACIÓN Y CONSUMO (30 grados)



- | | | |
|--------------------|-----------------|--------------|
| — ENERO | — FEBRERO | — MARZO |
| — ABRIL | — MAYO | — JUNIO |
| — JULIO | — AGOSTO | — SEPTIEMBRE |
| — OCTUBRE | — NOVIEMBRE | — DICIEMBRE |
| — JORNADA COMPLETA | — MEDIA JORNADA | |

Disposición de las placas

Se ha optado por el modelo de placas coplanarias, ya que como se puede observar en las gráficas presentadas con anterioridad, logra suplir una mayor cantidad de la energía demandada por la instalación. Aunque resulte más caro este modelo, el ahorro en cuanto a energía demandada y la cantidad de años de servicio que puede proporcionar esta instalación (provocando que se recupere la inversión a mayor velocidad y luego siga generando energía de manera gratuita), hacen que también resulte más atractivo.

Configuración serie-paralelo

Para hacer una configuración correcta de la instalación, se ha de tener en cuenta diferentes valores recogidos de las hojas de características de placas e inversor:

Características placas:

- Potencia pico: **550 Wp**
- Tensión pico: **41,95 V**
- Intensidad pico: **13,12 A**
- Tensión en circuito abierto: **49,80 V**
- Corriente en cortocircuito: **13,98 A**

En base a lo indicado en (Pardillos, 2024), en el CTE-HE5 (Apartado 3.3.3.2 de su versión inicial de 2006 donde se indicaban criterios generales de cálculo y que han desaparecidos de la versión actual) establece que la potencia mínima del inversor ha de ser del 80 % de la potencia pico de la instalación fotovoltaica, por lo tanto:

$$P_{\text{inversor}} \geq 0,8 * 341 \text{ kW}$$

$$P_{\text{inversor}} \geq 272,8 \text{ kW}$$

Esta exigencia se debe a que la instalación fotovoltaica tiene unos rendimientos del orden de 80 – 85% (Performance Ratio PR), es decir, no puede extraer toda la potencia pico. Además, los inversores presentan mejores valores de rendimiento para valores de potencia altos. Si se elige un inversor de más potencia trabajará más tiempo en un rango de potencia con rendimientos bajos. Es importante tener en cuenta que la instalación trabaja durante determinadas horas con valores de potencia bajos (mañanas y tardes).

Se va a optar por tres inversores trifásicos de 100 kW de potencia cada uno.

Características de los inversores:

Potencia nominal: 100 kW

V_{max} a la entrada: 1100 V

V_{nominal}: 600 V

V_{arranque}: 195 V

Rango de tensión MPPT: 180 V – 1000 V

Número de MPPT: 10

Número de entradas: 20

Corriente máxima de entrada: 10 x 26 A

Corriente máxima de cortocircuito: 10 x 40 A

Se va a instalar el siguiente modelo extraído de la web de (Atersa, 2019):

Solis-(100-110)K-5G

Inversores Solis trifásicos



>> Modelo:

Solis-100K-5G

Solis-110K-5G



Eficiente

- 10 MPPT, 98.7% de eficiencia máxima
- > Ratio DC/AC del 150 %
- Alta densidad de seguimiento de potencia 90 MPPT/MW
- Compatible con módulos bifaciales

Inteligente

- Función nocturna SVG
- Monitorización inteligente de strings, análisis inteligente de curvas I-V
- Actualización a distancia de firmware de manera sencilla

Seguro

- Protección AFCI, reduce activamente el riesgo de incendio
- Recuperación PID incorporada para un mejor rendimiento del módulo (opcional)
- SPD Tipo I en AC (opcional)
- Componentes de marca reconocidos mundialmente para una mayor vida útil

Económico

- Comunicación por línea de potencia (PLC) (opcional)
- Admite conectores tipo «Y» en el lado de DC
- Soporta cable de aluminio para reducir costos de material

Hoja de datos

Solis-(100-110)K-5G

Modelo	100K	110K
Entrada (DC)		
Voltaje máximo de entrada	1100 V	
Voltaje nominal	600 V	
Voltaje de arranque	195 V	
Rango de voltaje MPPT	180-1000 V	
Corriente máxima de entrada	10*26 A	
Corriente máxima de cortocircuito	10*40 A	
Número de MPPT/Número máximo de cadenas de entrada	10/20	
Salida (AC)		
Potencia nominal de salida	100 kW	110 kW
Potencia aparente máxima de salida	110 kVA	121 kVA
Potencia máxima de salida	110 kW	121 kW
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V	
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz	
Corriente nominal de salida de red	152.0 A / 144.3 A	167.1 A / 158.8 A
Corriente máxima de salida	167.1 A / 158.8 A	183.8 A / 174.7 A
Factor de potencia	>0.99 (0.8 capacitivo a 0.8 inductivo)	
THDi	<3%	
Eficiencia		
Eficiencia máxima	98.7%	
Eficiencia EU	98.3%	
Protección		
Protección contra polaridad inversa DC	Sí	
Protección contra cortocircuito	Sí	
Protección de sobrecorriente de salida	Sí	
Protección contra sobretensiones	DC Tipo II / AC Tipo II (AC Tipo I opcional)	
Monitoreo de red	Sí	
Protección Anti-isla	Sí	
Protección de temperatura	Sí	
Monitoreo de cadenas	Sí	
Escaneo de curvas I/V	Sí	
AFCI integrado (Protección de falla de arco DC)	Sí ⁽¹⁾	
Recuperación PID integrada	Opcional	
Interruptor de DC integrado	Sí	
Interruptor de AC integrado	Opcional	
Datos generales		
Dimensiones (longitud*altura*ancho)	1065*567*344.5 mm	
Peso	91 kg	
Topología	Sin Transformador	
Consumo propio (noche)	<2 W	
Rango de temperatura de funcionamiento	-30 ~ +60°C	
Humedad relativa	0-100%	
Nivel de protección	IP66	
Enfriamiento	Ventilador redundante inteligente	
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m	
Estándar de conexión de red	VDE-AR-N 4105, VDE V 0124, VDE V 0126-1-1, UTE C15-712-1, NRS 097-1-2, G98, G99, EN 50549-1/-2, CEI 0-21, RD 1699, UNE 206006, UNE 206007-1, IEC61727,DEWA	
Estándar de seguridad / EMC	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-2/-4	
Características		
Conexión de DC	Conector MC4	
Conexión de AC	Terminal OT (máxima 185 mm ²)	
Pantalla	LCD	
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS, PLC	

Imagen 33. Correspondiente al inversor Solis-(100-110)K-5G de (Atersa, 2019)

En la hoja de características viene indicado que tiene un ratio de DC/AC del 150%, es decir, en paneles fotovoltaicos se podrían instalar 150 kW a la entrada de cada inversor, el número máximo de paneles a instalar es de:

$$N \text{ máximo de placas} = \frac{150 \text{ kW}}{0,55 \text{ kW}} = 272 \text{ placas por inversor}$$

Como hay 620 paneles fotovoltaicos en total, para repartir los paneles de manera equitativa, a dos inversores se le van a conectar 206 paneles y al tercero 208, es decir; 113,3 kW y 114,4 kW

Para decidir la configuración serie-paralelo se utiliza la tensión de entrada del inversor, que tiene un rango de trabajo que puede situarse entre 180 V y 1000 V por MPPT, que en este caso es uno. Se sabe además que la tensión máxima de entrada es de 1100V.

El número de placas para trabajar en óptimas condiciones dentro del rango de la tensión de trabajo en c.c. es:

El número mínimo y máximo de placas según el MPPT es:

$$\text{Min} = \frac{180 \text{ V}}{41,95 \text{ V}_{\text{mp}}} = 4,29 \approx 5 \text{ paneles}$$
$$\text{Max} = \frac{1000 \text{ V}}{41,95 \text{ V}_{\text{mp}}} \approx 23,89 \approx 23 \text{ paneles}$$

El número mínimo y máximo de placas según el inversor es:

$$\text{Min} = \frac{195 \text{ V}}{49,80 \text{ V}_{\text{oc}}} = 3,91 \approx 4 \text{ paneles}$$
$$\text{Max} = \frac{1100 \text{ V}}{49,80 \text{ V}} = 22,08 \approx 22 \text{ paneles}$$
$$(5 < N < 22)$$

Se van a emplear los 10 MPPT, pero en lugar de hacerse cargo de dos entradas, se van a ocupar cada uno de una sola, para los dos primeros inversores, 7 cadenas van a tener 20 paneles en serie y 3 de ellas van a tener 22, para el tercero, 6 cadenas van a tener 20 paneles en serie y 4 de ellas van a tener 22. Es preferible instalar mayor número de paneles en serie antes que un mayor número de cadenas, pues contra más tensión mejor, pues de lo contrario, al instalar más cadenas, mayor corriente que circula y, por ende, mayor cantidad de pérdidas. Es por ello que es preferible instalar más paneles en serie que cadenas en paralelo.

Instalación eléctrica

Protecciones

Al tratarse de una instalación con gran cantidad de excedentes, se ha de conectar a la instalación interior mediante un circuito independiente, se pondrán a la salida de cada inversor un MCCB de 160 A con sus protecciones correspondientes frente a contactos indirectos, teniendo en cuenta que la máxima potencia generada por la instalación fotovoltaica al año en una hora es de alrededor de 270 kW. La línea que une los inversores con el cuadro general estará formada por dos cables de 185 mm² por fase teniendo en cuenta los factores de disposición, agrupamiento y temperatura.

Para proteger los cables que van desde las placas hasta el inversor, se colocarán 2 fusibles por cadena, para proteger ambos polos, de una Intensidad nominal de 12 A, que garantiza que el fusible no empieza a fundir hasta $1,13 \times I_n$ (13,56 A, siendo la I_{cc} 13,98 A).

<i>Intensidad nominal</i>	<i>Intensidad de intervención</i>		<i>Poder de corte</i>	<i>Tiempo máximo de intervención</i>
	<i>mínima</i>	<i>inmediata</i>		
1 A	1,13 A	1,45 A	mínimo 10 kA	1 hora
2 A	2,26 A	2,9 A		
3 A	3,39 A	4,35 A		
4 A	4,52 A	5,8 A		
5 A	5,65 A	7,25 A		
6 A	6,78 A	8,7 A		
8 A	9,04 A	11,6 A		
10 A	11,3 A	14,5 A		
12 A	13,56 A	17,4 A		
15 A	16,95 A	21,75 A		
20 A	22,6 A	29 A		
25 A	28,25 A	36,25 A		
30 A	33,9 A	43,5 A		
32 A	36,16 A	46,6 A		

Imagen 34. Extraída del manual de instalaciones solares fotovoltaicas de (PLC MADRID SLU, 2024)

Cableado

Los cables que unirán los paneles fotovoltaicos con el inversor, según la ITC-BT-40; los cables se han de dimensionar para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador, y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la red de distribución pública o la instalación de interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.

La máxima intensidad que circulará por los cables, será la intensidad de cortocircuito, que aplicando el factor de sobredimensionamiento será:

$$I = 1,25 \times 13,98 \text{ A} = 17,475 \text{ A}$$

Teniendo en cuenta factores de agrupación y de temperatura (pues estos cables van a estar expuestos al Sol), se va a optar por cables H1Z2Z2-K de 4mm^2 que son los empleados en las instalaciones fotovoltaicas comunes, de esta forma también cumple el criterio de caída de tensión.

Puesta a tierra

Para la parte de continua no hace falta puesta a tierra, pues los paneles fotovoltaicos son receptores con doble aislamiento, para la parte de alterna, la instalación fotovoltaica irá conectada a la misma tierra que la nave industrial.

Producción y ahorro económico

En este apartado, conociendo los consumos y la producción de la instalación, se procede a calcular el ahorro de energía y las ganancias por los excedentes vertidos a la red, se ha de tener en cuenta que se ha estimado un precio del kWh en industria de 0,12 € y se ha calculado que el kWh vertido a la red se paga a 0,04 €.

En las siguientes tablas se procede a mostrar para cada tipo de día (jornada completa o media jornada) de cada mes del año 2024, los consumos que han sido suplidos por la instalación fotovoltaica en su totalidad en un determinado instante, los excedentes que se hayan podido haber generado y la energía que se ha consumido, aunque no haya suplido en su totalidad la demanda de energía de la instalación (es decir que se haya necesitado un aporte de energía de la red).



Hora	ENERO	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	0	0	0	0	0
8:45	14,89488	83,73	0	-68,83512	14,89488
9:45	57,288	125,6	0	-68,312	57,288
10:45	97,10316	167,44	0	-70,33684	97,10316
11:45	125,46072	250	0	-124,53928	125,46072
12:45	138,63696	250	0	-111,36304	138,63696
13:45	134,6268	250	0	-115,3732	134,6268
14:45	114,00312	250	0	-135,99688	114,00312
15:45	79,63032	250	0	-170,36968	79,63032
16:45	37,52364	167,44	0	-129,91636	37,52364
17:45	4,2966	125,6	0	-121,3034	4,2966
18:45	0	83,73	0	-83,73	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	ENERO	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	0	0	0	0	0
8:45	14,89488	83,73	0	-68,83512	14,89488
9:45	57,288	160	0	-102,712	57,288
10:45	97,10316	200	0	-102,89684	97,10316
11:45	125,46072	250	0	-124,53928	125,46072
12:45	138,63696	250	0	-111,36304	138,63696
13:45	134,6268	250	0	-115,3732	134,6268
14:45	114,00312	200	0	-85,99688	114,00312
15:45	79,63032	160	0	-80,36968	79,63032
16:45	37,52364	83,73	0	-46,20636	37,52364
17:45	4,2966	0	0	4,2966	0
18:45	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	FEBRERO	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	0	0	0	0	0
8:45	35,805	83,73	0	-47,925	35,805
9:45	84,78624	125,6	0	-40,81376	84,78624
10:45	129,18444	167,44	0	-38,25556	129,18444
11:45	160,97928	250	0	-89,02072	160,97928
12:45	176,1606	250	0	-73,8394	176,1606
13:45	173,2962	250	0	-76,7038	173,2962
14:45	152,95896	250	0	-97,04104	152,95896
15:45	116,86752	250	0	-133,13248	116,86752
16:45	69,89136	167,44	0	-97,54864	69,89136
17:45	22,34232	125,6	0	-103,25768	22,34232
18:45	0	83,73	0	-83,73	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	FEBRERO	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	0	0	0	0	0
8:45	35,805	83,73	0	-47,925	35,805
9:45	84,78624	160	0	-75,21376	84,78624
10:45	129,18444	200	0	-70,81556	129,18444
11:45	160,97928	250	0	-89,02072	160,97928
12:45	176,1606	250	0	-73,8394	176,1606
13:45	173,2962	250	0	-76,7038	173,2962
14:45	152,95896	200	0	-47,04104	152,95896
15:45	116,86752	160	0	-43,13248	116,86752
16:45	69,89136	83,73	0	-13,83864	69,89136
17:45	22,34232	0	0	22,34232	0
18:45	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	MARZO	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	22,62876	0	0	22,62876	0
8:45	73,0422	83,73	0	-10,6878	73,0422
9:45	126,32004	125,6	125,6	0,72004	0
10:45	171,29112	167,44	167,44	3,85112	0
11:45	202,22664	250	0	-47,77336	202,22664
12:45	215,97576	250	0	-34,02424	215,97576
13:45	211,67916	250	0	-38,32084	211,67916
14:45	189,62328	250	0	-60,37672	189,62328
15:45	151,52676	250	0	-98,47324	151,52676
16:45	101,6862	167,44	0	-65,7538	101,6862
17:45	47,54904	125,6	0	-78,05096	47,54904
18:45	6,30168	83,73	0	-77,42832	6,30168
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	MARZO	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	22,62876	0	0	22,62876	0
8:45	73,0422	83,73	0	-10,6878	73,0422
9:45	126,32004	160	0	-33,67996	126,32004
10:45	171,29112	200	0	-28,70888	171,29112
11:45	202,22664	250	0	-47,77336	202,22664
12:45	215,97576	250	0	-34,02424	215,97576
13:45	211,67916	250	0	-38,32084	211,67916
14:45	189,62328	200	0	-10,37672	189,62328
15:45	151,52676	160	0	-8,47324	151,52676
16:45	101,6862	83,73	83,73	17,9562	0
17:45	47,54904	0	0	47,54904	0
18:45	6,30168	0	0	6,30168	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	ABRIL	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	12,8898	0	0	12,8898	0
7:45	60,72528	0	0	60,72528	0
8:45	117,15396	83,73	83,73	33,42396	0
9:45	170,14536	125,6	125,6	44,54536	0
10:45	212,53848	167,44	167,44	45,09848	0
11:45	240,32316	250	0	-9,67684	240,32316
12:45	250,92144	250	250	0,92144	0
13:45	244,04688	250	0	-5,95312	244,04688
14:45	219,98592	250	0	-30,01408	219,98592
15:45	180,74364	250	0	-69,25636	180,74364
16:45	129,47088	167,44	0	-37,96912	129,47088
17:45	73,0422	125,6	0	-52,5578	73,0422
18:45	22,34232	83,73	0	-61,38768	22,34232
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	ABRIL	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	12,8898	0	0	12,8898	0
7:45	60,72528	0	0	60,72528	0
8:45	117,15396	83,73	83,73	33,42396	0
9:45	170,14536	160	160	10,14536	0
10:45	212,53848	200	200	12,53848	0
11:45	240,32316	250	0	-9,67684	240,32316
12:45	250,92144	250	250	0,92144	0
13:45	244,04688	250	0	-5,95312	244,04688
14:45	219,98592	200	200	19,98592	0
15:45	180,74364	160	160	20,74364	0
16:45	129,47088	83,73	83,73	45,74088	0
17:45	73,0422	0	0	73,0422	0
18:45	22,34232	0	0	22,34232	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	MAYO	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	2,8644	0	0	2,8644	0
6:45	35,51856	0	0	35,51856	0
7:45	86,50488	0	0	86,50488	0
8:45	141,50136	83,73	83,73	57,77136	0
9:45	191,05548	125,6	125,6	65,45548	0
10:45	230,01132	167,44	167,44	62,57132	0
11:45	254,9316	250	250	4,9316	0
12:45	263,81124	250	250	13,81124	0
13:45	256,3638	250	250	6,3638	0
14:45	232,87572	250	0	-17,12428	232,87572
15:45	195,06564	250	0	-54,93436	195,06564
16:45	146,0844	167,44	0	-21,3556	146,0844
17:45	91,37436	125,6	0	-34,22564	91,37436
18:45	39,52872	83,73	0	-44,20128	39,52872
19:45	4,86948	0	0	4,86948	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	MAYO	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	2,8644	0	0	2,8644	0
6:45	35,51856	0	0	35,51856	0
7:45	86,50488	0	0	86,50488	0
8:45	141,50136	83,73	83,73	57,77136	0
9:45	191,05548	160	160	31,05548	0
10:45	230,01132	200	200	30,01132	0
11:45	254,9316	250	250	4,9316	0
12:45	263,81124	250	250	13,81124	0
13:45	256,3638	250	250	6,3638	0
14:45	232,87572	200	200	32,87572	0
15:45	195,06564	160	160	35,06564	0
16:45	146,0844	83,73	83,73	62,3544	0
17:45	91,37436	0	0	91,37436	0
18:45	39,52872	0	0	39,52872	0
19:45	4,86948	0	0	4,86948	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	JUNIO	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	7,161	0	0	7,161	0
6:45	42,10668	0	0	42,10668	0
7:45	91,6608	0	0	91,6608	0
8:45	144,36576	83,73	83,73	60,63576	0
9:45	192,20124	125,6	125,6	66,60124	0
10:45	230,01132	167,44	167,44	62,57132	0
11:45	254,64516	250	250	4,64516	0
12:45	263,81124	250	250	13,81124	0
13:45	257,50956	250	250	7,50956	0
14:45	236,02656	250	0	-13,97344	236,02656
15:45	200,508	250	0	-49,492	200,508
16:45	154,39116	167,44	0	-13,04884	154,39116
17:45	101,97264	125,6	0	-23,62736	101,97264
18:45	50,98632	83,73	0	-32,74368	50,98632
19:45	11,4576	0	0	11,4576	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	JUNIO	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	7,161	0	0	7,161	0
6:45	42,10668	0	0	42,10668	0
7:45	91,6608	0	0	91,6608	0
8:45	144,36576	83,73	83,73	60,63576	0
9:45	192,20124	160	160	32,20124	0
10:45	230,01132	200	200	30,01132	0
11:45	254,64516	250	250	4,64516	0
12:45	263,81124	250	250	13,81124	0
13:45	257,50956	250	250	7,50956	0
14:45	236,02656	200	200	36,02656	0
15:45	200,508	160	160	40,508	0
16:45	154,39116	83,73	83,73	70,66116	0
17:45	101,97264	0	0	101,97264	0
18:45	50,98632	0	0	50,98632	0
19:45	11,4576	0	0	11,4576	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	JULIO	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	2,00508	0	0	2,00508	0
6:45	32,65416	0	0	32,65416	0
7:45	80,48964	0	0	80,48964	0
8:45	133,48104	83,73	83,73	49,75104	0
9:45	182,46228	125,6	125,6	56,86228	0
10:45	221,991	167,44	167,44	54,551	0
11:45	248,34348	250	0	-1,65652	248,34348
12:45	259,51464	250	250	9,51464	0
13:45	254,64516	250	250	4,64516	0
14:45	234,59436	250	0	-15,40564	234,59436
15:45	200,22156	250	0	-49,77844	200,22156
16:45	154,39116	167,44	0	-13,04884	154,39116
17:45	102,25908	125,6	0	-23,34092	102,25908
18:45	50,98632	83,73	0	-32,74368	50,98632
19:45	11,17116	0	0	11,17116	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	JULIO	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	2,00508	0	0	2,00508	0
6:45	32,65416	0	0	32,65416	0
7:45	80,48964	0	0	80,48964	0
8:45	133,48104	83,73	83,73	49,75104	0
9:45	182,46228	160	160	22,46228	0
10:45	221,991	200	200	21,991	0
11:45	248,34348	250	0	-1,65652	248,34348
12:45	259,51464	250	250	9,51464	0
13:45	254,64516	250	250	4,64516	0
14:45	234,59436	200	200	34,59436	0
15:45	200,22156	160	160	40,22156	0
16:45	154,39116	83,73	83,73	70,66116	0
17:45	102,25908	0	0	102,25908	0
18:45	50,98632	0	0	50,98632	0
19:45	11,17116	0	0	11,17116	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	AGOSTO	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	17,75928	0	0	17,75928	0
7:45	63,0168	0	0	63,0168	0
8:45	116,58108	83,73	83,73	32,85108	0
9:45	167,5674	125,6	125,6	41,9674	0
10:45	208,52832	167,44	167,44	41,08832	0
11:45	235,74012	250	0	-14,25988	235,74012
12:45	246,91128	250	0	-3,08872	246,91128
13:45	241,46892	250	0	-8,53108	241,46892
14:45	219,69948	250	0	-30,30052	219,69948
15:45	183,3216	250	0	-66,6784	183,3216
16:45	135,48612	167,44	0	-31,95388	135,48612
17:45	81,6354	125,6	0	-43,9646	81,6354
18:45	31,79484	83,73	0	-51,93516	31,79484
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	AGOSTO	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	17,75928	0	0	17,75928	0
7:45	63,0168	0	0	63,0168	0
8:45	116,58108	83,73	83,73	32,85108	0
9:45	167,5674	160	160	7,5674	0
10:45	208,52832	200	200	8,52832	0
11:45	235,74012	250	0	-14,25988	235,74012
12:45	246,91128	250	0	-3,08872	246,91128
13:45	241,46892	250	0	-8,53108	241,46892
14:45	219,69948	200	200	19,69948	0
15:45	183,3216	160	160	23,3216	0
16:45	135,48612	83,73	83,73	51,75612	0
17:45	81,6354	0	0	81,6354	0
18:45	31,79484	0	0	31,79484	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	SEPTIEMBRE	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	5,15592	0	0	5,15592	0
7:45	43,82532	0	0	43,82532	0
8:45	96,53028	83,73	83,73	12,80028	0
9:45	147,23016	125,6	125,6	21,63016	0
10:45	187,90464	167,44	167,44	20,46464	0
11:45	213,97068	250	0	-36,02932	213,97068
12:45	222,85032	250	0	-27,14968	222,85032
13:45	214,25712	250	0	-35,74288	214,25712
14:45	188,76396	250	0	-61,23604	188,76396
15:45	148,37592	250	0	-101,62408	148,37592
16:45	97,67604	167,44	0	-69,76396	97,67604
17:45	44,97108	125,6	0	-80,62892	44,97108
18:45	5,7288	83,73	0	-78,0012	5,7288
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	SEPTIEMBRE	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	5,15592	0	0	5,15592	0
7:45	43,82532	0	0	43,82532	0
8:45	96,53028	83,73	83,73	12,80028	0
9:45	147,23016	160	0	-12,76984	147,23016
10:45	187,90464	200	0	-12,09536	187,90464
11:45	213,97068	250	0	-36,02932	213,97068
12:45	222,85032	250	0	-27,14968	222,85032
13:45	214,25712	250	0	-35,74288	214,25712
14:45	188,76396	200	0	-11,23604	188,76396
15:45	148,37592	160	0	-11,62408	148,37592
16:45	97,67604	83,73	83,73	13,94604	0
17:45	44,97108	0	0	44,97108	0
18:45	5,7288	0	0	5,7288	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	OCTUBRE	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	23,77452	0	0	23,77452	0
8:45	73,32864	83,73	0	-10,40136	73,32864
9:45	122,88276	125,6	0	-2,71724	122,88276
10:45	162,12504	167,44	0	-5,31496	162,12504
11:45	186,186	250	0	-63,814	186,186
12:45	192,48768	250	0	-57,51232	192,48768
13:45	180,74364	250	0	-69,25636	180,74364
14:45	152,09964	250	0	-97,90036	152,09964
15:45	109,42008	250	0	-140,57992	109,42008
16:45	58,43376	167,44	0	-109,00624	58,43376
17:45	11,4576	125,6	0	-114,1424	11,4576
18:45	0	83,73	0	-83,73	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	OCTUBRE	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	23,77452	0	0	23,77452	0
8:45	73,32864	83,73	0	-10,40136	73,32864
9:45	122,88276	160	0	-37,11724	122,88276
10:45	162,12504	200	0	-37,87496	162,12504
11:45	186,186	250	0	-63,814	186,186
12:45	192,48768	250	0	-57,51232	192,48768
13:45	180,74364	250	0	-69,25636	180,74364
14:45	152,09964	200	0	-47,90036	152,09964
15:45	109,42008	160	0	-50,57992	109,42008
16:45	58,43376	83,73	0	-25,29624	58,43376
17:45	11,4576	0	0	11,4576	0
18:45	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	NOVIEMBRE	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	4,86948	0	0	4,86948	0
8:45	40,38804	83,73	0	-43,34196	40,38804
9:45	84,4998	125,6	0	-41,1002	84,4998
10:45	121,45056	167,44	0	-45,98944	121,45056
11:45	144,36576	250	0	-105,63424	144,36576
12:45	150,381	250	0	-99,619	150,381
13:45	139,20984	250	0	-110,79016	139,20984
14:45	111,7116	250	0	-138,2884	111,7116
15:45	71,89644	250	0	-178,10356	71,89644
16:45	27,78468	167,44	0	-139,65532	27,78468
17:45	0	125,6	0	-125,6	0
18:45	0	83,73	0	-83,73	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Hora	NOVIEMBRE	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	4,86948	0	0	4,86948	0
8:45	40,38804	83,73	0	-43,34196	40,38804
9:45	84,4998	160	0	-75,5002	84,4998
10:45	121,45056	200	0	-78,54944	121,45056
11:45	144,36576	250	0	-105,63424	144,36576
12:45	150,381	250	0	-99,619	150,381
13:45	139,20984	250	0	-110,79016	139,20984
14:45	111,7116	200	0	-88,2884	111,7116
15:45	71,89644	160	0	-88,10356	71,89644
16:45	27,78468	83,73	0	-55,94532	27,78468
17:45	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0



Hora	DICIEMBRE	JORNADA COMPLETA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	0	0	0	0	0
8:45	19,47792	83,73	0	-64,25208	19,47792
9:45	57,288	125,6	0	-68,312	57,288
10:45	92,52012	167,44	0	-74,91988	92,52012
11:45	116,0082	250	0	-133,9918	116,0082
12:45	124,02852	250	0	-125,97148	124,02852
13:45	116,0082	250	0	-133,9918	116,0082
14:45	92,52012	250	0	-157,47988	92,52012
15:45	57,288	250	0	-192,712	57,288
16:45	19,47792	167,44	0	-147,96208	19,47792
17:45	0	125,6	0	-125,6	0
18:45	0	83,73	0	-83,73	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0

Hora	DICIEMBRE	MEDIA JORNADA	kWh gratuitos	kWh excedentes	kWh consumidos
0:45	0	0	0	0	0
1:45	0	0	0	0	0
2:45	0	0	0	0	0
3:45	0	0	0	0	0
4:45	0	0	0	0	0
5:45	0	0	0	0	0
6:45	0	0	0	0	0
7:45	0	0	0	0	0
8:45	19,47792	83,73	0	-64,25208	19,47792
9:45	57,288	160	0	-102,712	57,288
10:45	92,52012	200	0	-107,47988	92,52012
11:45	116,0082	250	0	-133,9918	116,0082
12:45	124,02852	250	0	-125,97148	124,02852
13:45	116,0082	250	0	-133,9918	116,0082
14:45	92,52012	200	0	-107,47988	92,52012
15:45	57,288	160	0	-102,712	57,288
16:45	19,47792	83,73	0	-64,25208	19,47792
17:45	0	0	0	0	0
18:45	0	0	0	0	0
19:45	0	0	0	0	0
20:45	0	0	0	0	0
21:45	0	0	0	0	0
22:45	0	0	0	0	0
23:45	0	0	0	0	0

Después de realizar los cálculos, sabiendo que el kWh consumido mediante fotovoltaica supone un ahorro de 0,12 € (pues no se ha consumido de la red y se estima que ese es su precio de venta) y que el kWh vertido a la red se paga a 0,04 €, finalmente, en un año entre ahorro y ganancias, se tienen 49.387,18 €.

El precio de los inversores (sin IVA) es de 3542,56 €, habiendo 3, suponen un coste de 10.627,68 €

El precio por panel fotovoltaico es de 67,70 €, habiendo 630, suponen 42.651 €

Si sumamos ambas cantidades (más un 9% del total destinado a cableado, montaje y pequeño material, criterio bastante acertado visto en la asignatura de Energías Renovables), finalmente podemos estimar el precio de la instalación en alrededor de 58.073,76 €.

Por ende, se puede deducir que antes de dos años se ha recuperado la inversión.

Emisiones de CO2 evitadas

Desde un punto de vista ambiental, la generación de energía eléctrica mediante solar fotovoltaica resulta muy atractiva desde un punto de vista ecológico. Genera muchas menos emisiones de CO2 que otras tecnologías empleadas actualmente (ya sean la nuclear, el carbón, el ciclo combinado, etc...)

Las emisiones de CO2 producidas con energía solar fotovoltaica son nulas, pero se considera que genera una pequeña cantidad de CO2 en la fabricación de sus componentes, en su transporte, etc... El valor se puede estimar en 35 g de CO2/kWh.

Consultando la página web de Red Eléctrica Española, se puede obtener el factor de emisión de CO2 equivalente:

	2023
Carbón	3.757.814
Fuel + Gas	0
Motores diésel	1.719.921
Turbina de gas	811.085
Turbina de vapor	1.102.101
Ciclo combinado	18.011.743
Cogeneración	6.327.363
Residuos no renovables	319.939
Emisiones totales	32.049.966
tCO2 eq./MWh	0,12

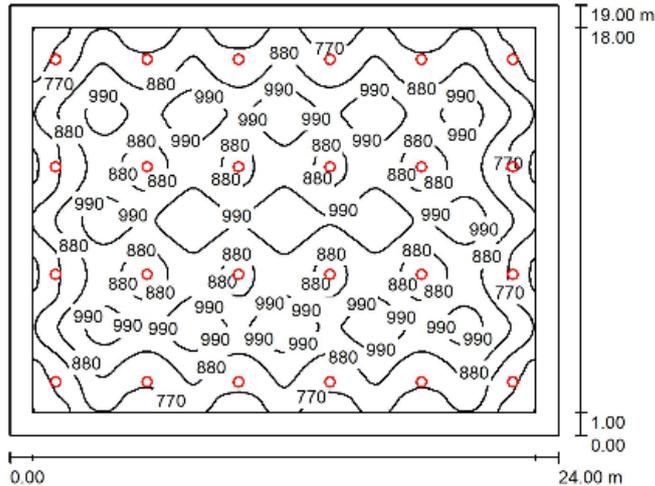
Imagen 37. Correspondiente al factor de emisiones de CO2 equivalentes

(Red Eléctrica Española (Redeia), 2024)

La instalación ha generado 560.072,408 kWh entre los vertidos a la red y los consumidos, aplicando el factor, equivale a 67,2 toneladas de CO₂, si aplicamos los 35 g de CO₂/kWh, equivalen a 19,6 toneladas de CO₂. Haciendo la resta, se obtiene que se ha evitado la emisión de 47,6 toneladas de CO₂.

ANEXOS: DIALUX

ALMACÉN / TALLER SEGUNDA NAVE:



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 5.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

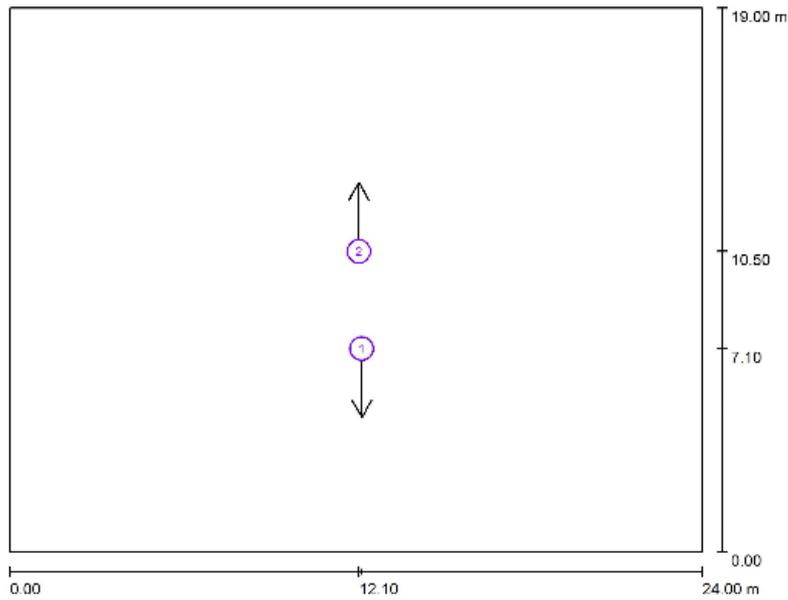
Valores en Lux, Escala 1:244

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	888	549	1058	0.619
Suelo	20	810	409	1018	0.505
Techo	70	153	100	175	0.653
Paredes (4)	50	293	107	610	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	24	PHILIPS BY 121P G3 1xLED205S/840 WB (1.000)	20500	20500	155.0
			Total: 492000	Total: 492000	3720.0

Valor de eficiencia energética: $8.16 \text{ W/m}^2 = 0.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 456.00 m²)

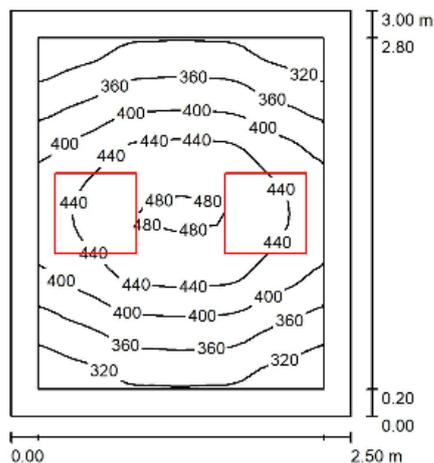


Escala 1 : 172

Lista de puntos de cálculo UGR

N°	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 3	12.200	7.100	1.700	-90.0	22
2	Punto de cálculo UGR 3	12.100	10.500	1.700	90.0	21

BAÑOS PLANTA INGENIEROS:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

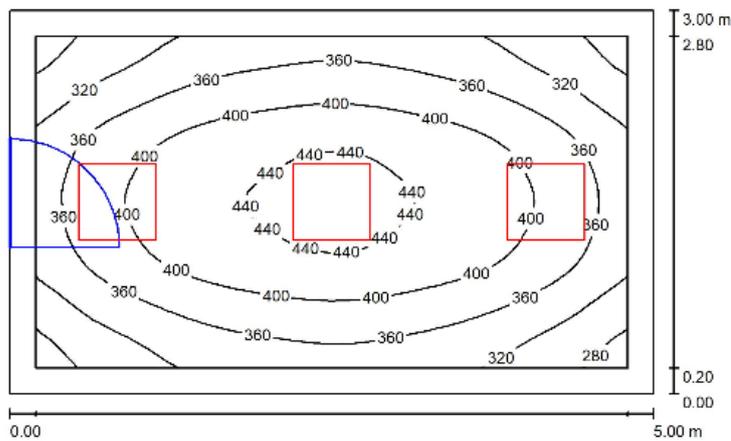
Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	395	285	484	0.721
Suelo	20	259	194	304	0.750
Techo	70	119	70	178	0.590
Paredes (4)	50	238	95	1022	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	2	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 7200	Total: 7200	72.0

Valor de eficiencia energética: $9.60 \text{ W/m}^2 = 2.43 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 7.50 m^2)

BAÑOS COMEDOR NAVE INDUSTRIAL:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.998 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

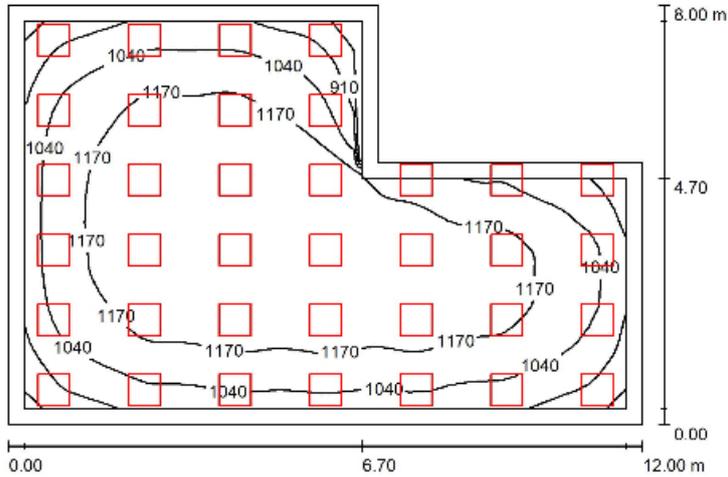
Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	374	263	453	0.702
Suelo	20	270	191	325	0.705
Techo	70	92	62	112	0.676
Paredes (4)	50	208	76	469	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 10800	Total: 10800	108.0

Valor de eficiencia energética: $7.20 \text{ W/m}^2 = 1.92 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 15.00 m^2)

CONTABILIDAD:



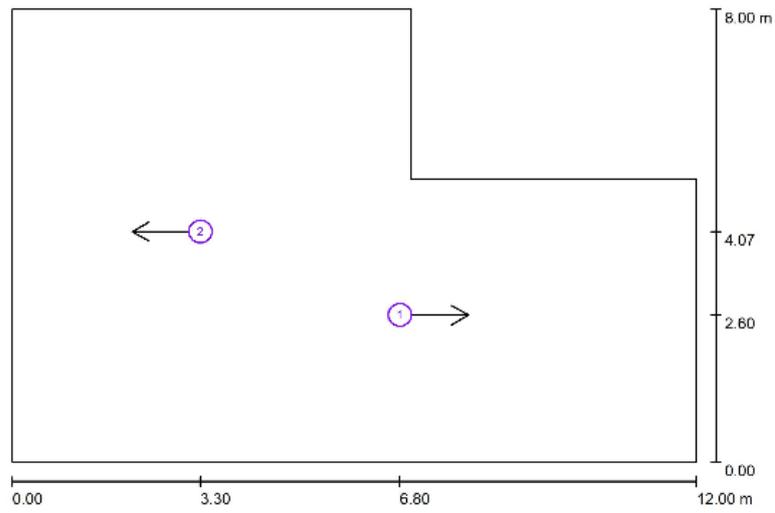
Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 2.843 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:103

Superficie	ρ [%]	E_m [k]	E_{min} [lx]	E_{max} [k]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	1123	679	1303	0.604
Suelo	20	950	557	1179	0.586
Techo	70	241	194	321	0.807
Paredes (6)	50	591	216	3196	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	36	PHILIPS RC-125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 129600	Total: 129600	1296.0

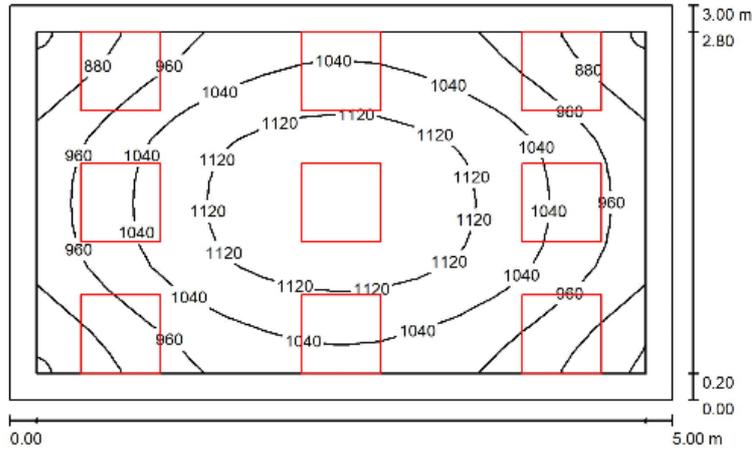


Escala 1 : 86

Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	6.800	2.600	1.200	0.0	19
2	Punto de cálculo UGR 1	3.300	4.072	1.200	180.0	17

DESPACHO PRIMERA PLANTA:

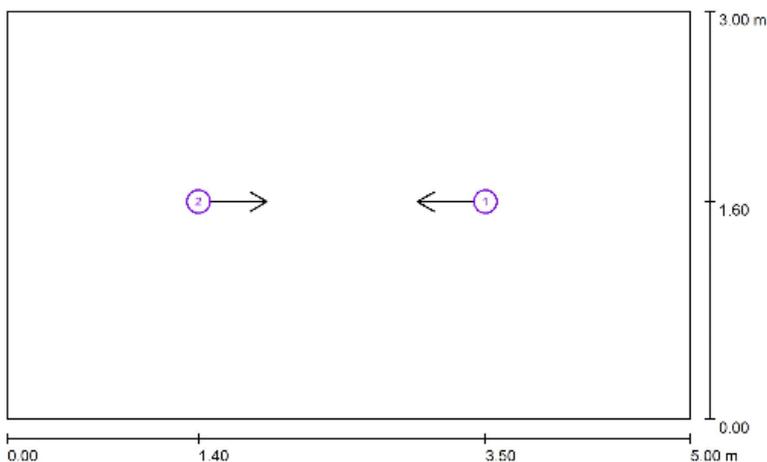


Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:39

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	1023	796	1184	0.777
Suelo	20	756	536	895	0.709
Techo	70	301	248	444	0.826
Paredes (4)	50	645	320	1726	/

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 32400	Total: 32400	324.0

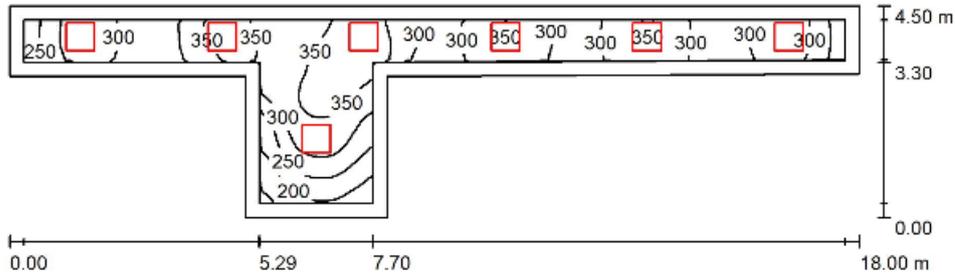


Escala 1 : 36

Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	3.500	1.600	1.200	180.0	16
2	Punto de cálculo UGR 2	1.400	1.600	1.200	0.0	16

PASILLO PRIMERA PLANTA:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

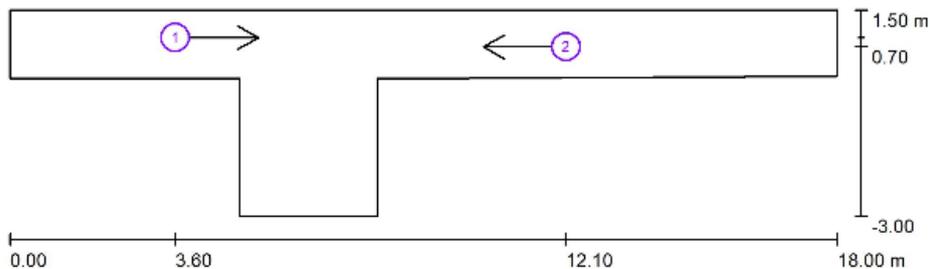
Valores en Lux, Escala 1:129

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	307	139	387	0.452
Suelo	20	222	128	297	0.574
Techo	70	92	49	203	0.530
Paredes (8)	50	191	66	897	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	7	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 25200	Total: 25200	252.0

Valor de eficiencia energética: $7.05 \text{ W/m}^2 = 2.30 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 35.75 m^2)

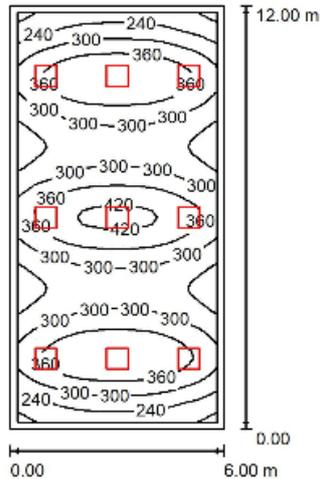


Escala 1 : 129

Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	3.600	0.900	1.700	0.0	17
2	Punto de cálculo UGR 1	12.100	0.700	1.700	180.0	18

PASILLO PRINCIPAL PRIMERA PLANTA:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

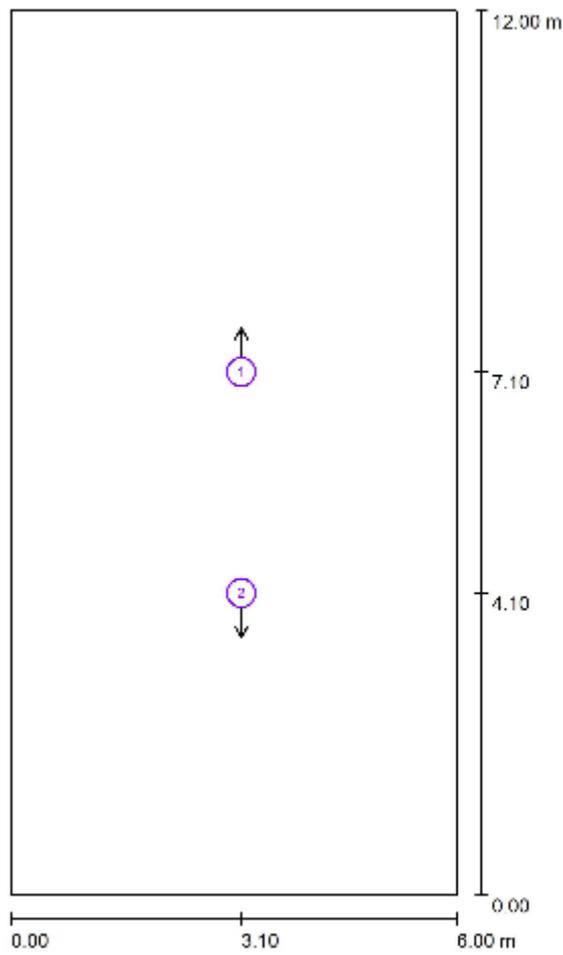
Valores en Lux, Escala 1:155

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	313	165	436	0.528
Suelo	20	264	162	338	0.612
Techo	70	69	52	120	0.747
Paredes (4)	50	169	66	432	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 32400	Total: 32400	324.0

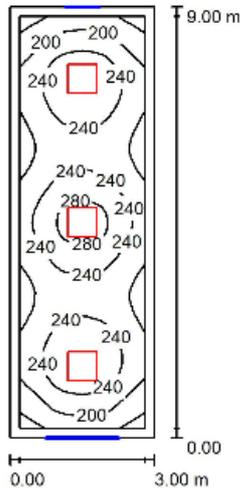
Valor de eficiencia energética: $4.50 \text{ W/m}^2 = 1.44 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 72.00 m^2)



Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	3.100	7.100	1.200	90.0	19
2	Punto de cálculo UGR 2	3.100	4.100	1.200	-90.0	18

PASILLOS COMEDOR:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

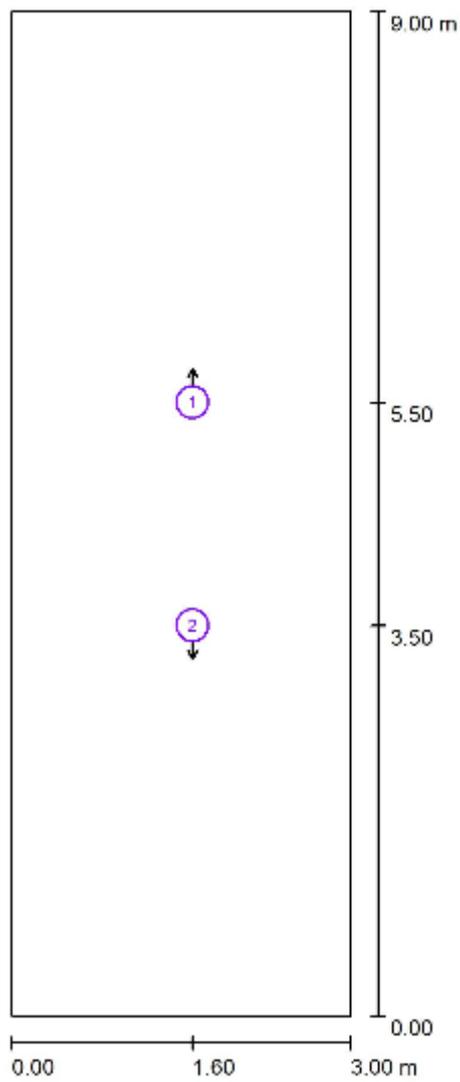
Valores en Lux, Escala 1:116

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	228	143	295	0.627
Suelo	20	172	110	206	0.636
Techo	70	53	42	65	0.785
Paredes (4)	50	124	48	216	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	3	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 10800	Total: 10800	108.0

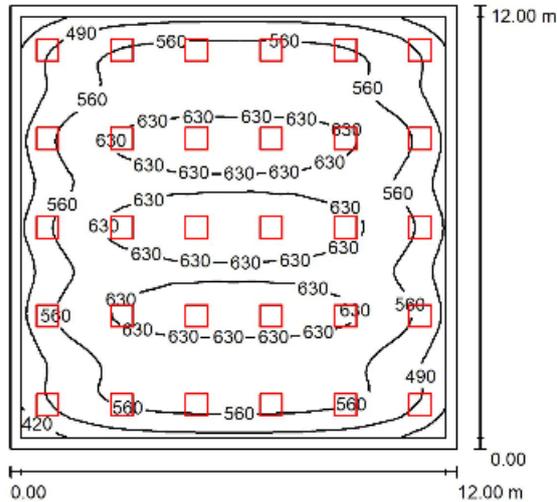
Valor de eficiencia energética: $4.00 \text{ W/m}^2 = 1.75 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 27.00 m^2)



Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 2	1.600	5.500	1.200	90.0	16
2	Punto de cálculo UGR 3	1.600	3.500	1.200	-90.0	16

RECIBIDOR:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

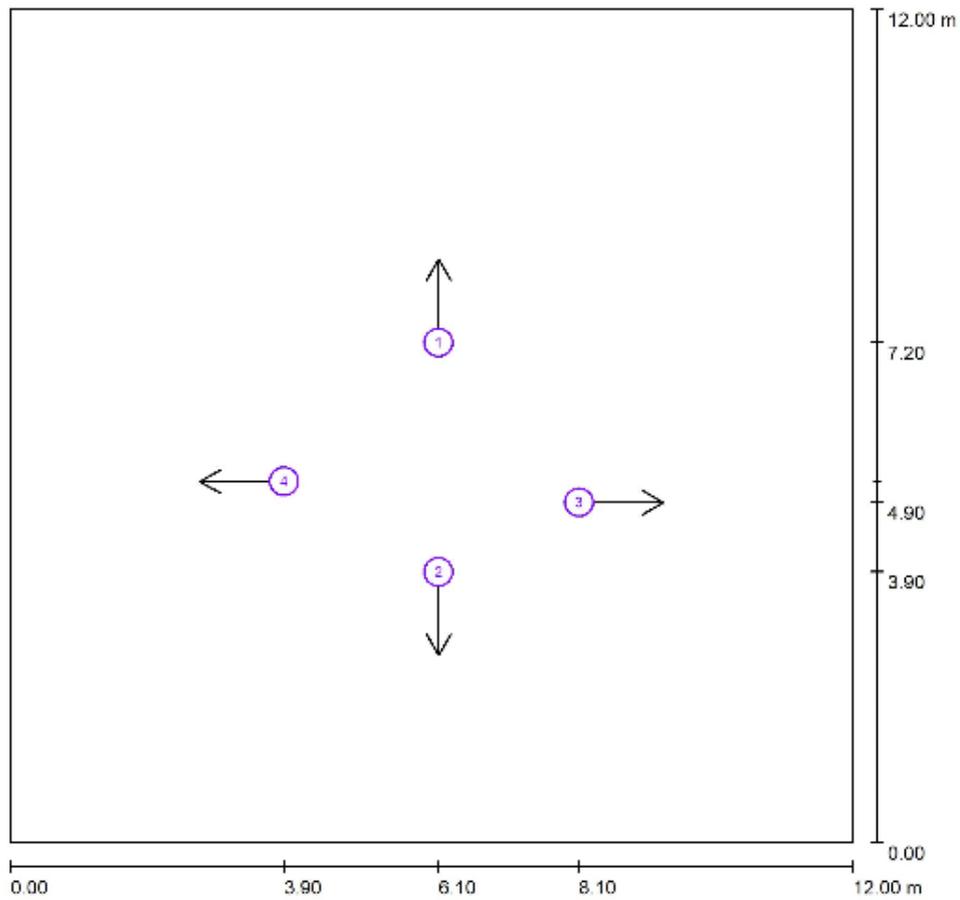
Valores en Lux, Escala 1:155

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	575	357	665	0.620
Suelo	20	510	298	615	0.584
Techo	70	123	113	200	0.914
Paredes (4)	50	307	134	513	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	30	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 108000	Total: 108000	1080.0

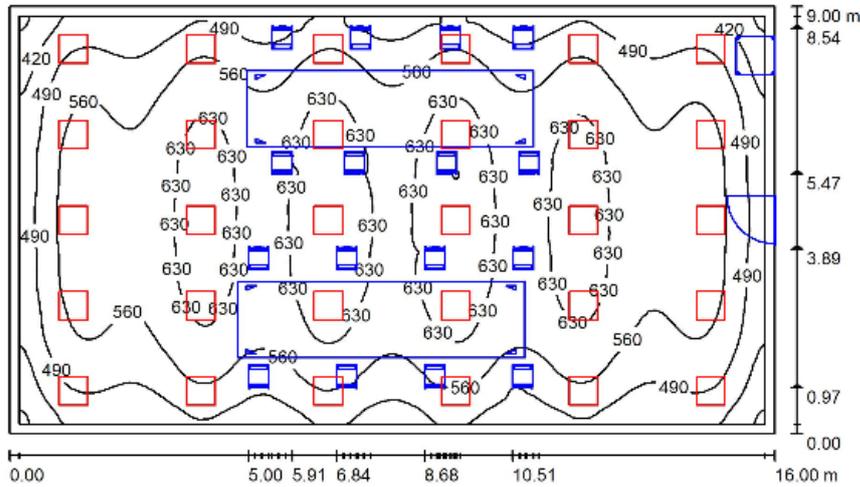
Valor de eficiencia energética: $7.50 \text{ W/m}^2 = 1.31 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 144.00 m^2)



Lista de puntos de cálculo UGR

N°	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	6.100	7.200	1.200	90.0	19
2	Punto de cálculo UGR 2	6.100	3.900	1.200	-90.0	18
3	Punto de cálculo UGR 3	8.100	4.900	1.200	0.0	18
4	Punto de cálculo UGR 4	3.900	5.200	1.200	180.0	18

COMEDOR:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

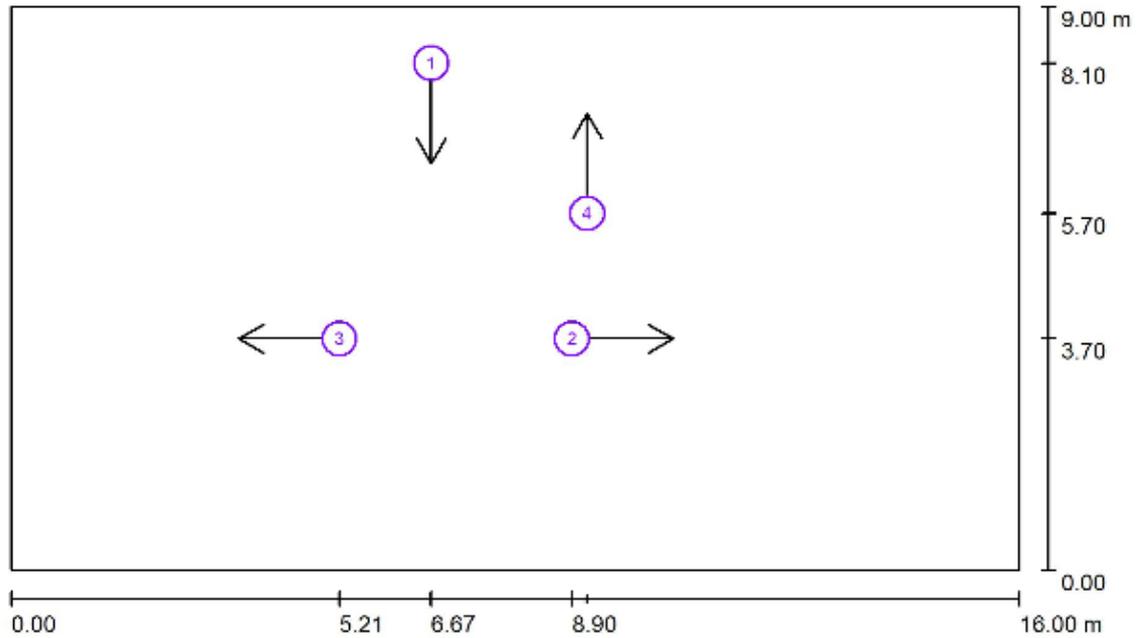
Valores en Lux, Escala 1:116

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	565	333	679	0.590
Suelo	20	406	64	580	0.157
Techo	70	128	108	186	0.842
Paredes (4)	50	304	103	598	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	30	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 108000	Total: 108000	1080.0

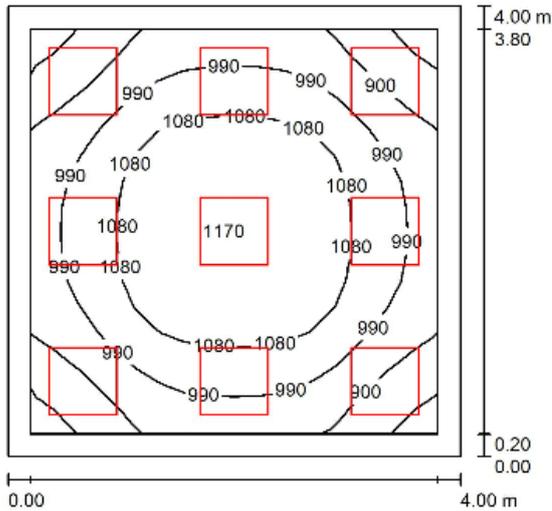
Valor de eficiencia energética: 7.50 W/m² = 1.33 W/m²/100 lx (Base: 144.00 m²)



Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 2	6.667	8.100	1.200	-90.0	21
2	Punto de cálculo UGR 3	8.901	3.700	1.200	0.0	20
3	Punto de cálculo UGR 4	5.210	3.700	1.200	180.0	19
4	Punto de cálculo UGR 5	9.140	5.700	1.200	90.0	16

DESPACHO PLANTA BAJA:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

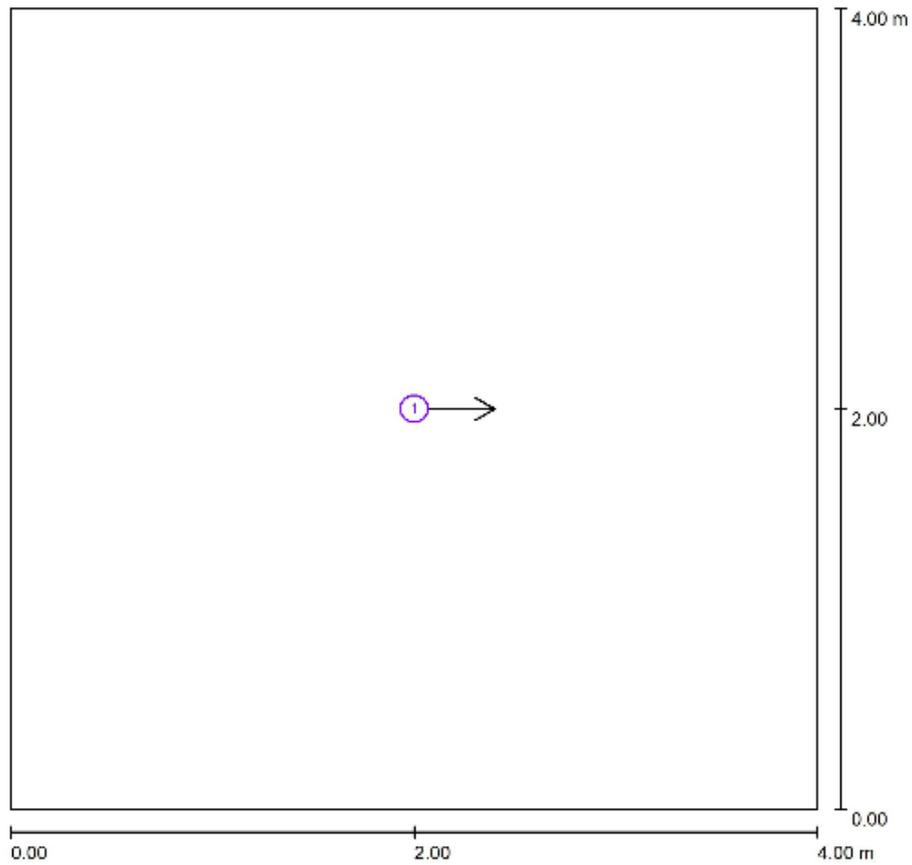
Valores en Lux, Escala 1:52

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	1009	775	1176	0.768
Suelo	20	755	533	899	0.707
Techo	70	282	242	382	0.856
Paredes (4)	50	619	316	1182	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	9	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 32400	Total: 32400	324.0

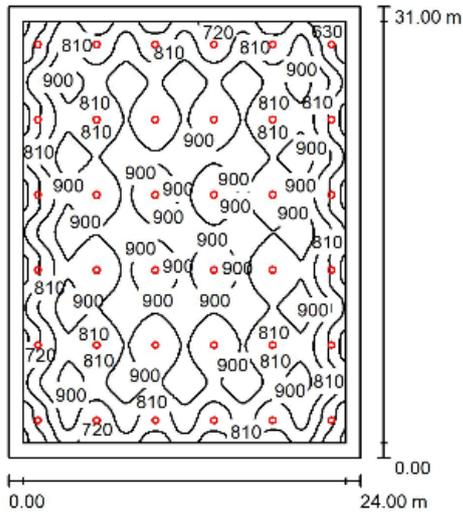
Valor de eficiencia energética: $20.25 \text{ W/m}^2 = 2.01 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 16.00 m^2)



Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	2.000	2.000	1.200	0.0	13

TALLER REPARACIÓN VEHÍCULOS:



Altura del local: 6.000 m, Altura de montaje: 5.000 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:399

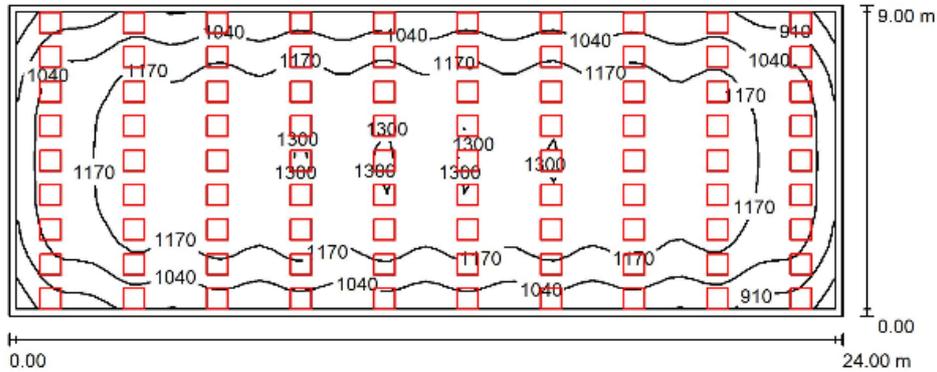
Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	839	526	965	0.627
Suelo	20	780	392	953	0.503
Techo	70	148	95	167	0.643
Paredes (4)	50	274	100	610	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	36	PHILIPS BY121P G3 1xLED205S/840 WB (1.000)	20500	20500	155.0
			Total: 738000	Total: 738000	5580.0

Valor de eficiencia energética: $7.50 \text{ W/m}^2 = 0.89 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 744.00 m^2)

ZONA DE INGENIEROS 2:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

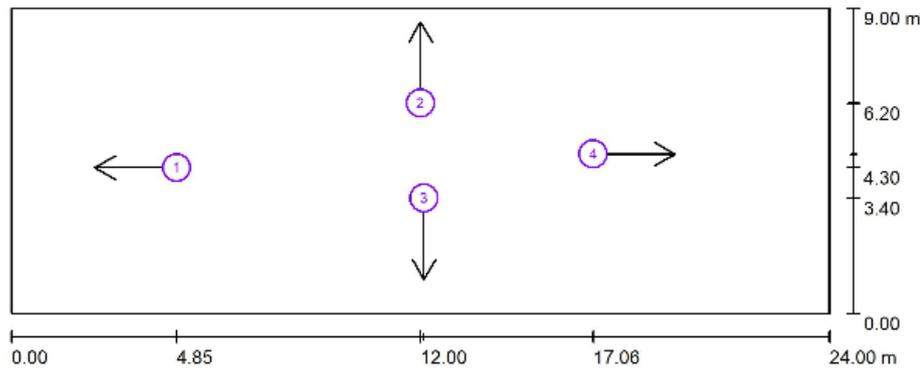
Valores en Lux, Escala 1:172

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	1140	697	1321	0.612
Suelo	20	1032	611	1224	0.592
Techo	70	250	215	450	0.861
Paredes (4)	50	648	294	1714	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	90	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 324000	Total: 324000	3240.0

Valor de eficiencia energética: $15.00 \text{ W/m}^2 = 1.32 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 216.00 m^2)

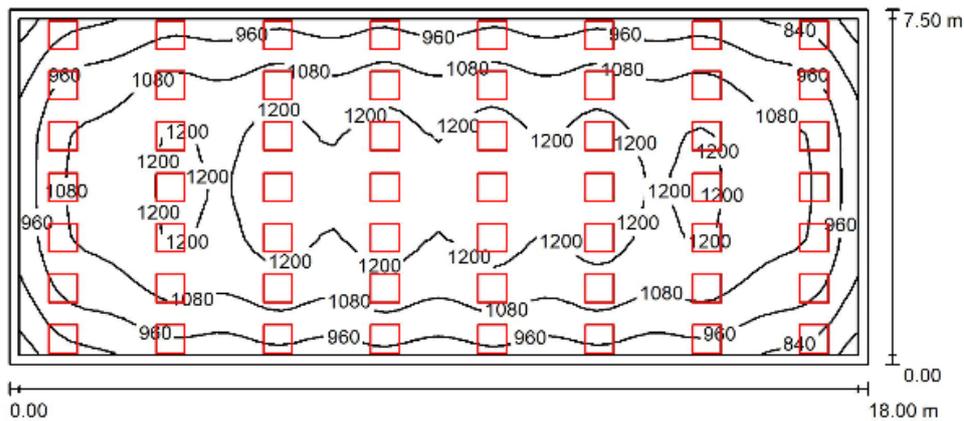


Escala 1 : 172

Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	4.850	4.300	1.200	180.0	19
2	Punto de cálculo UGR 2	12.000	6.200	1.200	90.0	16
3	Punto de cálculo UGR 3	12.100	3.400	1.200	-90.0	17
4	Punto de cálculo UGR 4	17.063	4.700	1.200	0.0	19

ZONA DE INGENIEROS 1:



Altura del local: 3.000 m, Altura de montaje: 3.043 m, Factor mantenimiento: 0.80

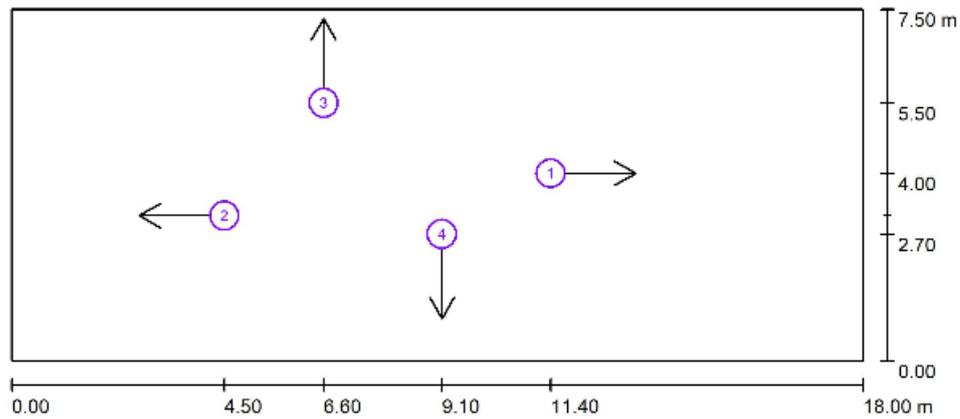
Valores en Lux, Escala 1:129

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	1085	674	1261	0.621
Suelo	20	959	592	1147	0.617
Techo	70	242	217	354	0.898
Paredes (4)	50	619	272	1493	/

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	56	PHILIPS RC125B W60L60 1 xLED36S/840 NOC (1.000)	3600	3600	36.0
			Total: 201600	Total: 201600	2016.0

Valor de eficiencia energética: $14.93 \text{ W/m}^2 = 1.38 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$ (Base: 135.00 m^2)



Escala 1 : 129

Lista de puntos de cálculo UGR

Nº	Designación	Posición [m]			Dirección visual [°]	Valor
		X	Y	Z		
1	Punto de cálculo UGR 1	11.400	4.000	1.200	0.0	19
2	Punto de cálculo UGR 2	4.500	3.100	1.200	180.0	18
3	Punto de cálculo UGR 3	6.600	5.500	1.200	90.0	12
4	Punto de cálculo UGR 4	9.100	2.700	1.200	-90.0	16



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

PLIEGO DE CONDICIONES

Pliego de condiciones técnicas

Condiciones generales

Los materiales que se van a utilizar en el diseño y construcción de la presente nave industrial han de ser de la mejor calidad disponible en el mercado. Han de cumplir con las condiciones exigidas en los Reglamentos de Baja y Alta Tensión, junto con cualquier disposición vigente que se pueda exigir en cuanto a materiales de construcción se refiere.

Si se considera necesario, en los materiales que así les resulte requerido, por interés de la contrata, serán expuestos a pruebas y ensayos para así comprobar su adecuada calidad. Aquél material que no pase los ensayos o no cumpla los requerimientos exigidos, será automáticamente rechazado.

Los trabajos requeridos que se encuentren en el presente documento de proyecto, serán llevados a cabo con esmero y minuciosidad, conforme a las buenas prácticas necesarias en las instalaciones eléctricas, en concordancia a las especificaciones indicadas en los reglamentos y cumpliendo con exactitud las instrucciones que hayan sido recibidas por la Dirección Técnica.

Canalizaciones eléctricas

Los cables estarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, empotrados en estructuras, en bandejas o soportes, etc... En función de lo que se haya indicado en los documentos ya mostrados anteriormente.

Instalación y colocación de los tubos.

En el momento de la instalación y colocación de los tubos protectores se ha de tener en cuenta lo siguiente que se indica en la ITC-BT 21:

Prescripciones generales:

-Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos, después de colocados y fijados estos y sus accesorios, disponiendo registros convenientes, que en tramos rectos no estarán separados entre sí más de 15 metros.

-Los conductores se alojarán normalmente en los tubos después de colocados estos.

- No se permitirá en ningún caso la unión de conductores como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores.
- En caso de emplear tubos metálicos flexibles, es necesario que la distancia entre dos puestas a tierra consecutivas de los tubos no exceda de 10 metros.
- No podrán utilizarse los tubos metálicos como conductores de protección o neutro.
- El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.
- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección que proporcionan a los conductores.
- Los tubos aislantes rígidos curvables en caliente podrán ser ensamblados entre sí en caliente, recubriendo el empalme con una cola especial cuando se precise una unión estanca.
- Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección inadmisibles.
- Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material aislante y no propagador de la llama. Si son metálicas, estarán protegidas contra la corrosión. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será al menos igual al diámetro del tubo mayor más un 50 % del mismo, con un mínimo de 40 mm. Su diámetro o lado interior mínimo será de 60 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse prensaestopas o racores adecuados.
- Durante la instalación de los conductores, para que su aislamiento no pueda ser dañado por su roce con los bordes libres de los tubos, los extremos de estos, cuando sean metálicos y penetren en una caja de conexión o aparato, estarán provistos de boquillas con bordes redondeados o dispositivos equivalentes, o bien los bordes estarán convenientemente redondeados.
- En los tubos metálicos sin aislamiento interior, se tendrá en cuenta las posibilidades de que se produzcan condensaciones de agua en su interior, para lo cual se elegirá convenientemente el trazado de su instalación, previendo la evacuación y estableciendo una ventilación apropiada en el interior de los tubos mediante el sistema adecuado.
- A fin de evitar los efectos del calor emitido por fuentes externas (distribuciones de agua caliente, aparatos y luminarias, procesos de fabricación, absorción del calor del medio circundante, etc...), las canalizaciones se protegerán utilizando los siguientes métodos eficaces:

- 1) Pantallas de protección calorífuga.
- 2) Alejamiento suficiente de las fuentes de calor.
- 3) Elección de la canalización adecuada que soporte los efectos nocivos que se puedan producir.
- 4) Modificación del material aislante a emplear.

Montaje fijo en superficie:

-Los tubos se fijarán a las paredes o techos por medio de bridas o abrazaderas protegidas contra la corrosión y sólidamente sujetas. La distancia entre estas será, como máximo, de 0,50 metros. Se dispondrán fijaciones de una y otra parte en los cambios de dirección, en los empalmes y en la proximidad inmediata de las entradas en cajas o aparatos.

-Los tubos se colocarán adaptándose a la superficie sobre la que se instalan, curvándose o usando los accesorios necesarios.

-En alineaciones rectas, las desviaciones del eje del tubo respecto a la línea que une los puntos extremos no serán superiores al 2 %.

-Es conveniente disponer los tubos, siempre que sea posible, a una altura mínima de 2,50 metros sobre el suelo, con objetos de protegerlos de eventuales daños mecánicos.

-En los cruces de tubos rígidos con juntas de dilatación de un edificio, deberán interrumpirse los tubos, quedando los extremos de los mismos separados entre sí 5 cm aproximadamente, y empalmándose posteriormente mediante manguitos deslizantes que tengan una longitud mínima de 20 cm.

Montaje fijo empotrado:

Para este tipo de montaje hay que atender a las indicaciones de la siguiente tabla:

Elemento constructivo	Colocación del tubo antes de terminar la construcción y revestimiento (*)	Preparación de la roza o alojamiento durante la construcción	Ejecución de la roza después de la construcción y revestimiento	Observaciones
Muros de:				
ladrillo macizo	SI	X	SI	
ladrillo hueco, siendo el n.º de huecos en sentido transversal:				
– uno	SI	X	SI	
– dos o tres	SI	X	SI	
– más de tres	SI	X	SI	
bloques macizos de hormigón	SI	X	X	
bloques huecos de hormigón	SI	X	NO	
hormigón en masa	SI	SI	X	
hormigón armado	SI	SI	X	
Forjados:				
placas de hormigón	SI	SI	NO	
forjados con nervios	SI	SI	NO	
forjados con nervios y elementos de relleno	SI	SI	NO (**)	
forjados con viguetas y bovedillas	SI	SI	NO (**)	(**) Es admisible practicar un orificio en la cara inferior del forjado para introducir los tubos en un hueco longitudinal del mismo.
forjados con viguetas y tableros y revoltón	SI	SI	NO (**)	
de rasilla	SI	SI	NO	

-En la instalación de los tubos en el interior de los elementos de la construcción, las rozas no deberán de poner en peligro la seguridad de las paredes o techos en que se practiquen. Las dimensiones de las rozas serán suficientes para que los tubos queden recubiertos por una capa de 1 cm de espesor como mínimo. En los ángulos, el espesor de esta capa puede reducirse a 0,5 cm.

-No se han de instalar entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación eléctrica de las plantas inferiores.

-Para la instalación correspondiente a la propia planta, únicamente podrán instalarse, entre forjado y revestimiento, tubos que deberán quedar recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 centímetro de espesor, como mínimo, además del revestimiento.

-En los cambios de dirección, los tubos estarán convenientemente curvados o bien provistos de codos o “T” apropiados, pero en este último caso solo se admitirán los provistos de tapas de registro.

-Las tapas de registros y de las cajas de conexión quedarán accesibles y desmontables una vez finalizada la obra. Los registros y cajas quedarán enrasados con la superficie exterior del revestimiento de la pared o techo cuando no se instalen en el interior de un alojamiento cerrado y practicable.

-En el caso de utilizarse tubos empotrados en paredes, es conveniente disponer los recorridos horizontales a 50 cm como máximo, de suelo o techos y los verticales a una distancia de los ángulos de esquinas no superior a 20 cm.

Montaje al aire:

Cabe recordar que este tipo de montaje solamente está permitido para la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida desde canalizaciones prefabricadas y cajas de derivación fijadas al techo. La longitud total de la conducción en el aire no será superior a 4 m y no empezará a una altura inferior a 2 m.

Características de las canales

En las canalizaciones para instalaciones superficiales ordinarias, las características mínimas de las canales serán las siguientes:

Característica	Grado	
Dimensión del lado mayor de la sección transversal	≤ 16 mm	> 16 mm
Resistencia al impacto	Muy ligera	Media
Temperatura mínima de instalación y servicio	+15 °C	-5 °C
Temperatura máxima de instalación y servicio	+60 °C	+60 °C
Propiedades eléctricas	Aislante	Continuidad eléctrica/aislante
Resistencia a la penetración de objetos sólidos	4	no inferior a 2
Resistencia a la penetración de agua	No declarada	
Resistencia a la propagación de la llama	No propagador	

-En el momento de realizar el trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas verticales y horizontales o paralelas a las aristas de las paredes que limitan el local donde se efectúa la instalación.

-Las canales con conductividad eléctrica deben conectarse a la red de tierra; su continuidad eléctrica quedará convenientemente asegurada.

-La tapa de las canales quedará siempre accesible.

-En cuanto al diseño de canalizaciones, en las zonas de oficinas, comedores etc... Se van a instalar falsos techos.

-Con el fin de acercarse a un proyecto real, se ha de realizar el diseño procurando atravesar el mínimo número de salas.

-Siempre se ha de procurar atravesar los pasillos o llevar las canalizaciones a través de las salas más grandes y luego ir realizando las derivaciones necesarias.

Conductores aislados en bandejas o soportes

Sólo se emplearán conductores aislados con cubierta (ya se trate de conductores unipolares o multipolares). El material empleado para la fabricación de las bandejas que llevarán los cables será acero laminado, galvanizado mediante inmersión. La anchura de las bandejas en ningún momento será inferior a 100 mm, el fabricante de éstas ha de indicar la carga máxima admisible (en N/m) en función de la anchura y de la distancia entre los soportes. Cualquier accesorio que sea necesario (como puedan ser los codos y las uniones), tendrán una calidad en concordancia con la calidad de las bandejas.

Las bandejas y los accesorios requeridos se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias que no produzcan flechas superiores los 10 mm y habrán de estar correctamente alineadas.

Accesibilidad a la instalación

Las canalizaciones habrán de estar dispuestas de forma que resulte fácil su maniobra, inspección y el acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de manera que mediante la adecuada identificación de los circuitos y elementos se puedan llevar a cabo las reparaciones que resulten necesarias.

Dimensionado de los conductores

Para la elección de los conductores activos del cable adecuado para cada receptor, se seleccionará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

Intensidad máxima admisible

Se partirá de la intensidad propia de cada receptor. Se seleccionará el conductor que admita dicha intensidad conforme a las indicaciones de la ITC-BT 19, adoptando los coeficientes correctores necesarios en base a las condiciones de la instalación.

Caída de tensión en servicio

La sección de los conductores a emplear se calculará de manera que la caída de tensión entre la salida del transformador y cualquier punto de utilización, sea menor del 4,5% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado y del 6% para el resto de usos.

Los conductores de protección deberán tener una sección igual a la fijada en la tabla 2 de la ITC-BT 18 para cada caso según corresponda.

Identificación de los conductores

Los conductores han de ser fácilmente identificables especialmente por lo que al neutro y las fases se refiere. El neutro será azul, el cable de tierra verde-amarillo y las fases serán de color marrón, negro y gris.

Resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica

Las instalaciones deberán presentar una resistencia de aislamiento al menos igual a los valores indicados en la siguiente tabla:

Tensión nominal instalación	Tensión ensayo corriente continua (V)	Resistencia de aislamiento (M Ω)
MBTS o MBTP	250	$\geq 0,25$
≤ 500 V	500	$\geq 0,50$
> 500 V	1000	$\geq 1,00$

La rigidez dieléctrica de una instalación ha de ser tal que, desconectados los receptores, resista durante 1 minuto una prueba de tensión de $2U+1000V$ a frecuencia industrial, siendo "U" la tensión máxima de servicio expresada en voltios y con un mínimo de 1500V. Este ensayo se realizará para cada uno de los conductores incluido el neutro o compensador, con relación a tierra y entre conductores, salvo para aquellos materiales en los que se justifique que haya sido realizado dicho ensayo previamente por el fabricante.

Las corrientes de fuga no serán superiores para el conjunto de la instalación o para cada uno de los circuitos en que esta pueda dividirse a efectos de su protección, a la sensibilidad que presenten los interruptores diferenciales instalados como protección contra los contactos indirectos.

Cajas de empalmes

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente al fuego o cajas metálicas aisladas correctamente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de éstas serán tales que permitan alojar holgadamente aquellos conductores que deban contener. En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores.

Mecanismos y tomas de corriente

Los interruptores y conmutadores habrán de cortar la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo y cerrando sin que haya posibilidad de dejarlo en una posición intermedia. Serán de tipo cerrado y material aislante.

Las tomas de corriente habrán de ser de material aislante, tendrán indicadas su intensidad y tensión nominales de trabajo y dispondrán, como norma general, todas ellas de puesta a tierra.

Irán instalados en el interior de cajas empotradas en los paramentos, de forma que desde el exterior sólo podrá verse el mando totalmente aislado y la tapa embellecedora.

En el caso en que existan dos mecanismos juntos, se alojarán en la misma caja, la cual deberá estar dimensionada suficientemente para evitar falsos contactos.

Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin defecto alguno. Estarán diseñados siguiendo los requisitos y exigencias de las normativas correspondientes y se construirán de acuerdo al REBT.

Los dispositivos generales de mando y protección de los circuitos, estarán situados a una altura medida desde el nivel del suelo de entre 1 y 2 m.

Cada circuito que tenga su salida desde el cuadro habrá de estar protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto a tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada.

Los cuadros serán diseñados para servicio en interior, completamente estancos al polvo y a la humedad, ensamblados y cableados completamente en fábrica, y estarán constituidos por una estructura metálica de perfiles laminados en frío, adecuada para el montaje sobre el suelo, y paneles de cerramiento de chapa de acero de fuerte espesor, o de cualquier otro material que sea mecánicamente resistente y no inflamable

Los cables se instalarán dentro de canaletas provistas de tapa desmontable. Los cables de fuerza irán en canaletas distintas en todo su recorrido de las canaletas para los cables de mando y control.

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos.

Todos los componentes interiores; aparatos y cables, tendrán que ser accesibles desde el exterior por el frente.

El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornes situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Las partes metálicas de la envoltura de los cuadros se protegerán contra la corrosión por medio de una imprimación a base de pintura anticorrosiva y una de acabado del color que se especifique en las mediciones o, en su defecto, por la Dirección Técnica durante el transcurso de la instalación.

La construcción y el diseño de los cuadros deberán garantizar la seguridad del personal y un correcto funcionamiento en todas las condiciones de servicio, haciendo especial énfasis en:

- Los compartimentos que tengan que ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.

- El cuadro y todos sus componentes deben de ser capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) especificadas en los cálculos mostrados con anterioridad.

Interruptores automáticos

En el origen de la instalación y lo más cerca posible del punto de alimentación de la misma se instalará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobrecorrientes de cada uno de los circuitos que parten del ya mencionado cuadro.

La protección contra sobrecorrientes para los conductores de cada circuito se hará con interruptores automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección acorde al receptor.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. Llevarán marcadas la intensidad y tensiones nominales de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor general de entrada al cuadro, así como los interruptores que corten el suministro a los cuadros secundarios, serán selectivos con los interruptores situados aguas debajo de los mismos

Fusibles

Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no se pueda proyectar metal al fundirse. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominales de trabajo.

No serán admisibles elementos en los que la reposición del fusible pueda suponer un peligro de accidente.

Interruptores diferenciales

La protección frente a contactos indirectos se logrará mediante “corte automático de la alimentación”. La medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección, deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra.

Embarrados

El cuadro general dispondrá de un embarrado, el cual constará de tres barras para las fases y una, con la mitad de la sección de las fases, para el neutro.

Las barras serán de cobre electrolítico de alta conductividad y adecuadas para soportar la intensidad de plena carga y las corrientes de cortocircuito que se hayan calculado en los apartados anteriormente descritos.

Se dispondrá también de un embarrado independiente de tierra, de sección adecuada para proporcionar la puesta a tierra de las partes metálicas no conductoras de los aparatos.

Fijación de circuitos y etiquetas

Todos los aparatos y bornes irán debidamente identificados en el interior del cuadro mediante números o códigos que correspondan a la designación del esquema. Las etiquetas serán marcadas de forma indeleble y fácilmente legible.

Receptores de alumbrado y sus componentes

La masa de las luminarias suspendidas excepcionalmente de cables flexibles no debe exceder de 5 kg. Los conductores, que deben ser capaces de soportar este peso, no deben presentar empalmes intermedios y el esfuerzo deberá realizarse sobre un elemento distinto del borne de conexión.

Las partes metálicas accesibles de las luminarias que no sean de Clase II o Clase III, deberán tener un elemento de conexión para su puesta a tierra, que irá conectado de manera fiable y permanente al conductor de protección del circuito.

Puesta a tierra

Las puestas a tierra se establecen principalmente con objeto de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados.

La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo, mediante una toma de tierra con un electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo.

Mediante la instalación de puesta a tierra se deberá conseguir que en el conjunto de la instalación no aparezcan diferencias de potencial peligrosas y que, al mismo tiempo, permita el paso a tierra de las corrientes de defecto o las de descarga de origen atmosférico.

La elección e instalación de los materiales que aseguren la puesta a tierra deben ser tales que:

- El valor de la resistencia de puesta a tierra esté conforme con las normas de protección y de funcionamiento de la instalación y se mantenga de esta manera a lo largo del tiempo
- Las corrientes de defecto a tierra y las corrientes de fuga puedan circular sin peligro, particularmente desde el punto de vista de sollicitaciones térmicas, mecánicas y eléctricas
- La solidez o la protección mecánica quede asegurada con independencia de las condiciones estimadas de influencias externas.
- Contemplan los posibles riesgos debidos a electrólisis que pudieran afectar a otras partes metálicas.

Toma de tierra

Para la toma de tierra se utilizará un electrodo formado por un conductor desnudo de 35 mm de diámetro, dispuesto en anillo, enterrado a una profundidad del terreno no inferior a 0,8 m.

A este anillo deberán conectarse electrodos verticalmente hincados en el terreno cuando, se prevea la necesidad de disminuir la resistencia de tierra que pueda presentar el conductor en anillo.

Al conductor en anillo o bien a los electrodos, se conectarán en su caso, la estructura metálica del edificio o, cuando la cimentación del mismo se haga con zapatas de hormigón armado, un cierto número de hierros de los considerados principales y como mínimo uno por zapata.

Estas conexiones se establecerán de manera fiable y segura, mediante soldadura aluminotérmica o autógena.

Conductor de tierra

La sección de los conductores de tierra no será inferior a la mínima exigida para los conductores de protección.

Tipo	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm ² Cobre 16 mm ² Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm ² Cobre 50 mm ² Hierro
* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente		

Durante la ejecución de las uniones entre conductores de tierra y electrodos de tierra debe extremarse el cuidado para que resulten eléctricamente correctas. Debe cuidarse, en especial, que las conexiones, no dañen ni a los conductores ni a los electrodos de tierra.

Borne de puesta a tierra

En toda instalación de puesta a tierra debe preverse un borne principal de tierra, al cual deben unirse los conductores siguientes:

- Los conductores de tierra.
- Los conductores de protección.
- Los conductores de unión equipotencial principal.
- Los conductores de puesta a tierra funcional, si son necesarios.

Debe preverse sobre los conductores de tierra y en lugar accesible un dispositivo que permita medir la resistencia de la toma de tierra correspondiente. Este dispositivo puede estar combinado con el borne con el borne principal de tierra, debe ser desmontable necesariamente por medio de un útil, tiene que ser mecánicamente seguro y debe asegurar la continuidad eléctrica.

Conductores de protección

Los conductores de protección sirven para unir eléctricamente las masas de una instalación a ciertos elementos con el fin de asegurar la protección contra contactos indirectos.

En el circuito de conexión a tierra, los conductores de protección unirán las masas al conductor de tierra.

Los conductores de protección deberán de cumplir con las siguientes secciones:

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm ²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm ²)
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

En todos los casos los conductores de protección que no forman parte de la canalización de alimentación serán de cobre con una sección, al menos de:

-2,5 mm², si los conductores de protección disponen de una protección mecánica.

-4 mm², si los conductores de protección no disponen de una protección mecánica.

Cuando el conductor de protección sea común a varios circuitos, la sección de ese conductor debe dimensionarse en función de la mayor sección de los conductores de fase.

Seguridad

Se han de cumplir las siguientes condiciones de seguridad en la instalación:

- Siempre que se vaya a actuar sobre una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de la misma como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.
- En el lugar de trabajo en todo momento siempre habrá un mínimo de dos operarios.
- Se emplearán guantes y herramientas aislantes.
- Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.
- Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.
- No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.
- En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.
- Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

Mantenimiento

Cuando se requiera intervenir en la instalación, sea por averías o para efectuar algún tipo de modificación en la misma, se habrán de tener en cuenta las especificaciones mencionadas anteriormente. Se aprovechará la oportunidad para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo puedan requerir.

PRESUPUESTOS

CUADROS Y PROTECCIONES

Fusibles de los paneles solares y dispositivos cerrados de corte a la salida de los inversores hacia el cuadro general					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Schneider Electric	56274	RH99P 380a415Vca 50/60Hz	3 und	747,26	2241,78
Schneider Electric	GV4AS487	Bobina de disparo MX - 380...415V CA 50Hz - 440...480V CA 60Hz - para TeSys GV4	3 und	182,36	547,08
Schneider Electric	50421	Split toroid OA type, for Vigirex and Vigilhom, TOA120, inner diameter 120 mm, rated current 250 A	3 und	2.909,70	8.729,10
Schneider Electric	C16F4TM160	Interruptor automatico ComPact NSX160F 36kA AC 4P4R 160A TMD	3 und	2.111,82	6.335,46
Fusión energía solar	-	Fusible cilíndrico 12 A 10x38 gPV 100V DC	60 und	5,51	330,60
Autosolar	5504124	Portafusibles 10x38 1000V	60 und	4,99	299,40
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
Precio total		Costes indirectos	3%	18533,42	556,0026
		Precio total		...	19089,4226

Cuadro secundario 1					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Autosolar	7106038	Magnetotérmico Legrand 40A 4P 6KA C	1 und	40,51	40,51
Autosolar	7106112	Diferencial Legrand 40A 2P 30mA Tipo A	3 und	94,48	283,44
Autosolar	7106012	Magnetotérmico Legrand 10A 2P 6KA C	7 und	6,96	48,72
Autosolar	7106010	Magnetotérmico Legrand 6A 2P 6KA C	2 und	14,44	28,88
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	451,55	13,5465
		Precio total		...	465,0965

Cuadro secundario 2					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Schneider Electric	C25F4TM250	Interruptor automatico ComPacT NSX250F 36kA AC 4P4R 250A TMD	1 und	4.150,59	4.150,59
Autosolar	7106144	Diferencial Legrand 63A 4P 30mA Tipo A	1 und	257,92	257,92
Schneider Electric	A9R31480	iID 4P - 80A - 30mA - SI	1 und	1.875,56	1.875,56
Autosolar	7106112	Diferencial Legrand 40A 2P 30mA Tipo A	1 und	94,48	94,48
Autosolar	7106142	Diferencial Legrand 40A 4P 30mA Tipo A	1 und	135,95	135,95
Autosolar	7106036	Magnetotérmico Legrand 32A 4P 6KA C	2 und	38,97	77,94
Autosolar	7106040	Magnetotérmico Legrand 50A 4P 6KA C	1 und	57,43	57,43
Autosolar	7106030	Magnetotérmico Legrand 16A 4P 6KA C	2 und	35,42	70,84
Autosolar	7106012	Magnetotérmico Legrand 10A 2P 6KA C	3 und	6,96	20,88
Autosolar	7106014	Magnetotérmico Legrand 16A 2P 6KA C	2 und	7,89	15,78
Autosolar	7106022	Magnetotérmico Legrand 40A 2P 6KA C	1 und	17,94	17,94
Autosolar	7106016	Magnetotérmico Legrand 20A 2P 6KA C	1 und	7,83	7,83
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	6.833,14	204,9942
Precio total			...		7.038,13

Cuadro secundario 3					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Schneider Electric	C16F4TM125	Interruptor automatico ComPacT NSX160F 36kA AC 4P4R 125A TMD	1	1.563,48	1.563,48
Autosolar	7106112	Diferencial Legrand 40A 2P 30mA Tipo A	3 und	94,48	283,44
Autosolar	7106144	Diferencial Legrand 63A 4P 30mA Tipo A	1 und	257,92	257,92
Autosolar	7106110	Diferencial Legrand 25A 2P 30mA Tipo A	1 und	68,1	68,1
Autosolar	7106012	Magnetotérmico Legrand 10A 2P 6KA C	9 und	6,96	62,64
Autosolar	7106010	Magnetotérmico Legrand 6A 2P 6KA C	2 und	14,44	28,88
Autosolar	7106042	Magnetotérmico Legrand 63A 4P 6KA C	1 und	60,62	60,62
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	2.375,08	71,2524
Precio total			...		2.446,33

Cuadro secundario 4					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Autosolar	7106042	Magnetotérmico Legrand 63A 4P 6KA C	1 und	60,62	60,62
Autosolar	7106114	Diferencial Legrand 63A 2P 30mA Tipo A	3 und	139,82	419,46
Autosolar	7106012	Magnetotérmico Legrand 10A 2P 6KA C	14 und	6,96	97,44
Autosolar	7106010	Magnetotérmico Legrand 6A 2P 6KA C	1 und	14,44	14,44
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	641,96	19,2588
Precio total			...		661,22

Cuadro secundario 5					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Autosolar	7106042	Magnetotérmico Legrand 63A 4P 6KA C	1 und	60,62	60,62
Autosolar	7106114	Diferencial Legrand 63A 2P 30mA Tipo A	3 und	139,82	419,46
Autosolar	7106140	Diferencial Legrand 25A 4P 30mA Tipo A	1 und	130,51	131,51
Autosolar	7106012	Magnetotérmico Legrand 10A 2P 6KA C	17 und	6,96	118,32
Autosolar	7106010	Magnetotérmico Legrand 6A 2P 6KA C	1 und	14,44	14,44
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	794,35	23,8305
Precio total			...		818,18

Cuadro secundario 6					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Autosolar	7106042	Magnetotérmico Legrand 63A 4P 6KA C	1 und	60,62	60,62
Autosolar	7106114	Diferencial Legrand 63A 2P 30mA Tipo A	1 und	139,82	139,82
Autosolar	7106112	Diferencial Legrand 40A 2P 30mA Tipo A	2 und	94,48	188,96
Autosolar	7106012	Magnetotérmico Legrand 10A 2P 6KA C	13 und	6,96	90,48
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	529,88	15,8964
Precio total			...		545,78

Cuadro general					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Schneider Electric	56274	RH99P 380a415Vca 50/60Hz	1 und	747,26	747,26
Schneider Electric	GV4AS487	Bobina de disparo MX - 380...415V CA 50Hz - 440...480V CA 60Hz - para TeSys GV4	1 und	182,36	182,36
Schneider Electric	50442	Toroide cerrado tipo A, para Vigirex y Vigilhom, GA300, diámetro interior 300 mm, corriente nominal 630 A	1 und	4.990,60	4.991,60
Schneider Electric	C63N42D630	Interruptor automatico ComPacT NSX630N 50kA AC 4P4R 630A Micrologic 2.3	1 und	8.363,63	8.363,63
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	14334,85	430,0455
Precio total				...	14764,8955

CABLEADO

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1)					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 c1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 2,5 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	0,83	0,83
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	1,21	0,03615
Precio total				...	1,24

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 d1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 4 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	1,17	1,17
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	1,55	0,04635
Precio total			...		1,59

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 e1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 6 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	1,57	1,57
		Oficial 1º electricista	0,04	25	1
		Costes indirectos	3%	2,57	0,0771
Precio total			...		2,65

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 f1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 10 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	2,49	2,49
		Oficial 1º electricista	0,04	25	1
		Costes indirectos	3%	3,49	0,1047
Precio total			...		3,59

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 g1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 16 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).	1 m	3,7	3,7
		Oficial 1º electricista	0,05	25	1,25
		Costes indirectos	3%	4,95	0,1485
Precio total			...		5,10

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 h1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 25 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	5,64	5,64
		Oficial 1º electricista	0,05	25	1,25
		Costes indirectos	3%	6,89	0,2067
Precio total			...		7,10

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 i1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 35 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	7,73	7,73
		Oficial 1º electricista	0,065	25	1,625
		Costes indirectos	3%	9,36	0,28065
Precio total			...		9,64

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
-	-	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 50 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	8,5	8,5
		Oficial 1º electricista	0,065	25	1,625
		Costes indirectos	3%	10,13	0,30375
Precio total			...		10,43

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 l1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 95 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	20,09	20,09
		Oficial 1º electricista	0,09	25	2,25
		Costes indirectos	3%	22,34	0,6702
Precio total			...		23,01

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 n1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 150 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	22,19	22,19
		Oficial 1º electricista	0,1	25	2,5
		Costes indirectos	3%	24,69	0,7407
Precio total			...		25,43

Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1).

FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
CYPE	mt35cun010 ñ1	Cable unipolar RZ1-K (AS), siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Cca-s1b,d1,a1 según UNE-EN 50575, con conductor de cobre clase 5 (-K) de 185 mm ² de sección, con aislamiento de polietileno reticulado (R) y cubierta de compuesto termoplástico a base de poliolefina libre de halógenos con baja emisión de humos y gases corrosivos (Z1). Según UNE 21123-4.	1 m	25,84	25,84
		Oficial 1º electricista	0,1	25	2,5
		Costes indirectos	3%	28,34	0,8502
Precio total			...		29,19

Cable unipolar H1Z2Z2-K, siendo su tensión asignada de 1,5/1,5kVcc / 1,0/1,0 kVca , reacción al fuego clase Cca-s1b,d2,a1, con conductor de cobre de 4 mm ² de sección, con aislante/cubierta de compuesto reticulado libre de halógenos (Z2).					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
LEROY MERLIN	82307446	Cable unipolar H1Z2Z2-K de 4 mm ²	1 m	0,79	0,79
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	1,17	0,03495
Precio total			...		1,20

CANALIZACIONES

Bandeja rejiband rapide 60x100 60512100 Pensa acero electrocincado					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
SUMIDELEC	60512100	Bandeja rejiband 60x100	1 m	7,84733333	7,84733333
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	8,22	0,24667
Precio total			...		8,47

Bandeja rejiband rapide 60x200 60512200 Pensa acero electrocincado					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
SUMIDELEC	60512200	Bandeja rejiband 60x200	1 m	10,586	10,586
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	10,96	0,32883
Precio total			...		11,29

Bandeja rejiband rapide 60x300 60512300 Pensa acero electrocincado					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
SUMIDELEC	60512300	Bandeja rejiband 60x300	1 m	15,6946667	15,6946667
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	16,07	0,48209
Precio total			...		16,55

Canalización empotrada de tubo corrugado de diámetro 16 mm.					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
LEROY MERLIN	81908934	Tubo corrugado de 16 mm de diámetro	1 m	0,13	0,13
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	0,51	0,01515
Precio total			...		0,52

Canalización empotrada de tubo corrugado de diámetro 20 mm.					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
LEROY MERLIN	81908940	Tubo corrugado de 20 mm de diámetro	1 m	0,31	0,31
		Oficial 1º electricista	0,015	25	0,375
		Costes indirectos	3%	0,69	0,02055
Precio total			...		0,71

FOTOVOLTAICA

Panel Solar 550 W A - 550 M ATERSA GS (144 medias células) PERC					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
ATERSA	1009197	Panel Solar 550 W	1 und	67,7	67,7
		Oficial 1º electricista	0,083	25	2,075
		Costes indirectos	3%	69,775	2,09325
Precio total			...		71,86825

Inversor trifásico Solis 100K-5G-DC-PID					
FUENTE	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
ATERSA	3009342/9370	Inversor Trifásico de 100 kW	1 und	3542,56	3542,56
		Oficial 1º electricista	0,3333	25	8,3325
		Costes indirectos	3%	3550,8925	106,526775
Precio total			...		3657,41928

ILUMINACIÓN

Coste de las luminarias de la instalación					
DISTRIBUIDOR	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Philips	-	Philips BY121P G3 1xLED205S/840WB	60 und	370	22200
-	-	Luminaria de emergencia 200 lm	8 und	40	320
Philips	-	Philips RC125B W60L60 1xLED36S/840NOC	374 und	40	14960
		Oficial 1º electricista	2 h	25	50
		Costes indirectos	3%	37.530,00	1125,9
Precio total			...		38.655,90

MEDICIONES

Mediciones de canalizaciones			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Cable de 2,5 mm ²	900	1,24	1116
Cable de 4 mm ²	100	1,59	159
Cable de 6 mm ²	280	2,65	742
Cable de 10 mm ²	40	3,59	143,6
Cable de 16 mm ²	275	5,1	1402,5
Cable de 25 mm ²	100	7,1	710
Cable de 35 mm ²	20	9,64	192,8
Cable de 50 mm ²	60	10,43	625,8
Cable de 95 mm ²	40	23,01	920,4
Cable de 150 mm ²	20	25,43	508,6
Cable de 185 mm ²	20	29,19	583,8
Cable 4 mm ² fotovoltaica	400	1,2	480
Precio total	...		7.584,50



Mediciones de canalizaciones			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Bandeja de 60x300	25	16,55	413,75
Bandeja de 60x200	100	11,29	1129
Bandeja de 60x100	200	8,47	1694
Tubo corrugado de 16 mm de diámetro	300	0,52	156
Tubo corrugado de 20 mm de diámetro	200	0,71	142
Precio total	...		3.534,75

Coste instalación paneles e inversores			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE (€)
Panel 550 W	620	71,86825	44558,315
Inversor 100 kW	3	3657,41928	10972,25783
Precio total	...		55.530,57

RESUMEN

DESCRIPCIÓN	IMPORTE (€)
Aparamenta	45829,1471
Cableado	7584,5
Canalizaciones	3534,75
Fotovoltaica	55530,57283
Luminarias	38655,9
Total	151134,8699
21 % IVA	31738,32
Precio total + IVA	182873,19
El presupuesto asciende a la cantidad de ciento ochenta y dos mil ochocientos setenta y tres euros con diecinueve céntimos	

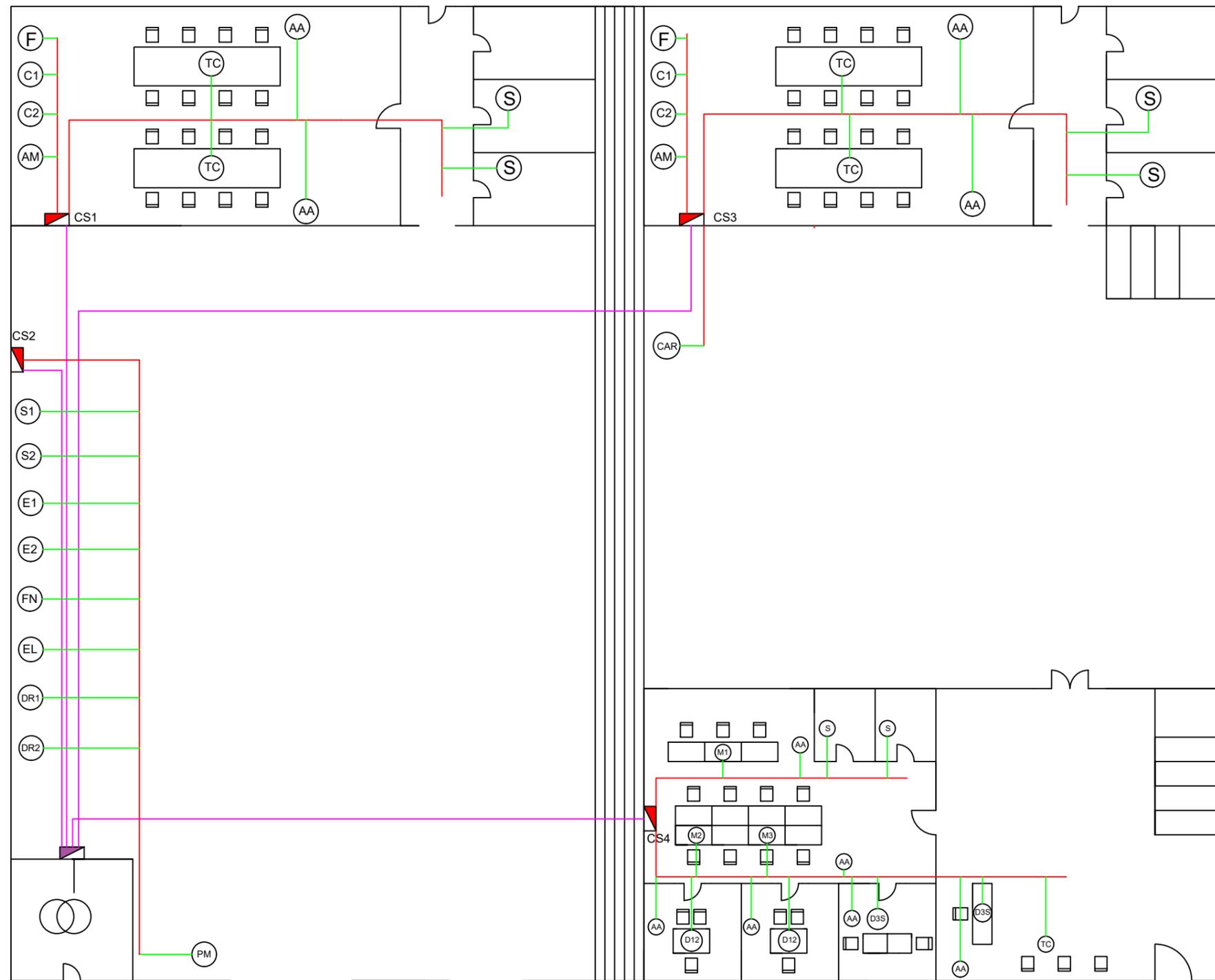
Bibliografía

- Atersa. (2019). *Atersa*. Recuperado el 3 de 7 de 2024, de <https://www.atersa.com>
- Garnacho Vecino, F., Simón Comín, P., Moreno Mohíno, J., & González Sanz, A. (2014). *Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión y sus fundamentos técnicos. Aplicación al Reglamento de Instalaciones Eléctricas de Alta Tensión. R.D. 337/2014 de 9 de mayo*. Madrid: Garceta grupo editorial. Recuperado el 2024
- Iberdrola. (2019). *Proyecto tipo para dentro de transformación en edificio de otros usos (Vol. MT 2.11.03)*. Iberdrola. Recuperado el 27 de Mayo de 2024
- Marqués, Á. L. (2017). *INSTALACIONES ELÉCTRICAS COMERCIALES E INDUSTRIALES*. Madrid: Paraninfo.
- Miguel, P. A. (2021). *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión*. Madrid: Paraninfo.
- Pardillos, S. C. (2024). *Instalación fotovoltaica en autoconsumo colectivo. Caso práctico: comunidad de vecinos*. Valencia: Editorial UPV.
- PLC Madrid SLU. (2023). *Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (9 ed.)*. Madrid: PLC Madrid.
- PLC MADRID SLU. (2024). *SELECCIÓN DE MANUALES TÉCNICOS DEL ELECTRICISTA TOMO 2*. Madrid: PLC MADRID.
- Red Eléctrica Española (Redeia). (2024). *Red Eléctrica*. Recuperado el 16 de Julio de 2024, de Red Eléctrica: <https://www.ree.es/es/datos/generacion/no-renovables-detalle-emisiones-CO2>



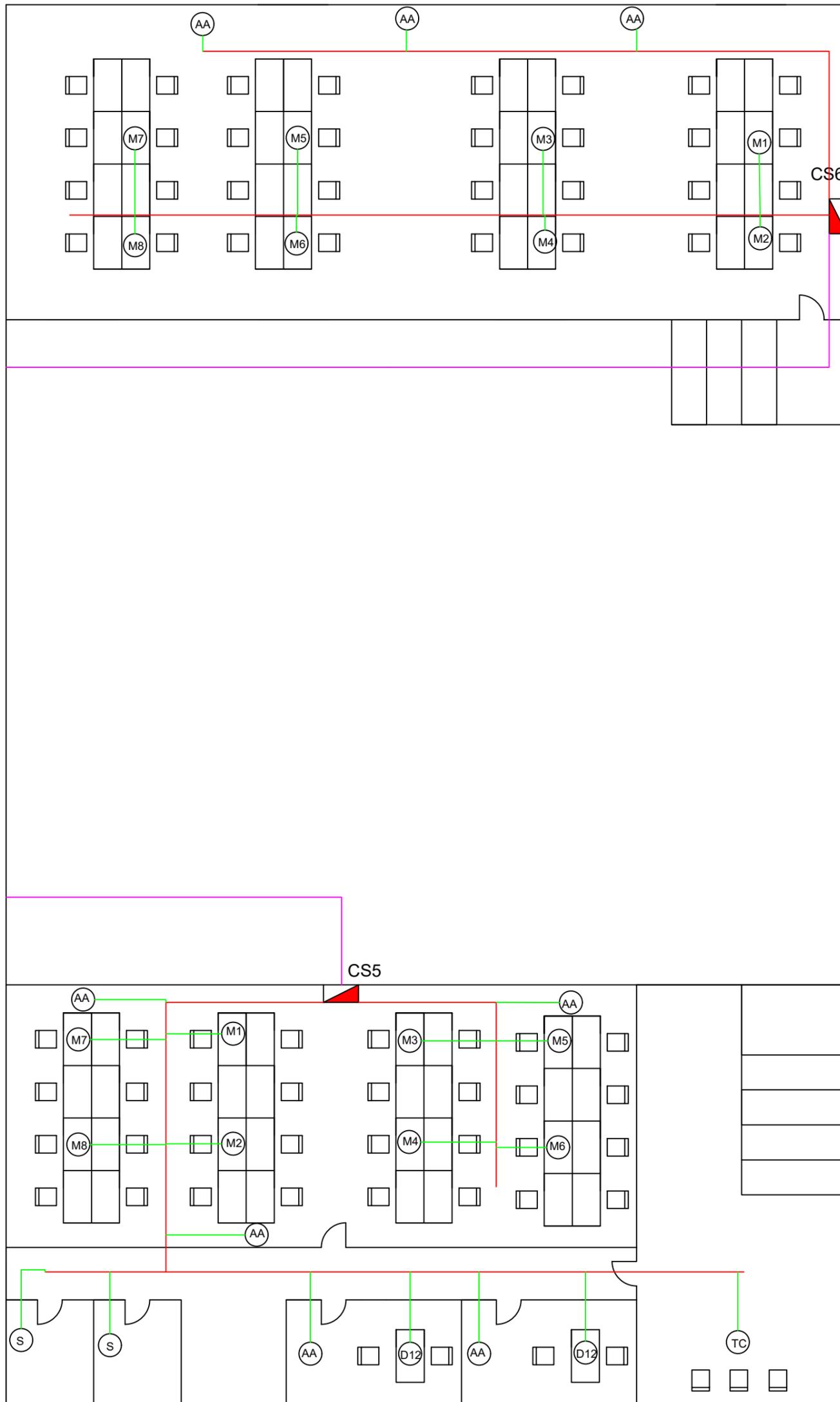
Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

ANEXO: PLANOS



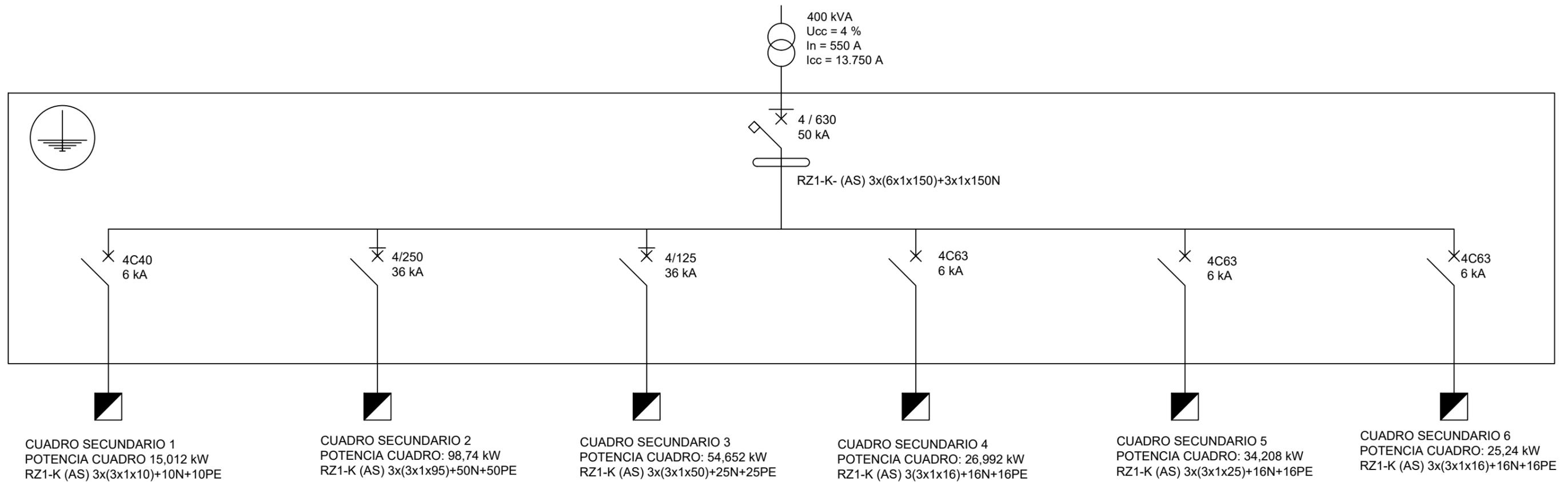
DESDE CGBT ■
 DESDE CUADRO ■
 A RECEPTOR ■

TRABAJO FIN DE GRADO
 INGENIERÍA ELÉCTRICA
 CANALIZACIONES / 1:200
 MIKEL MINGUET GARCÍA

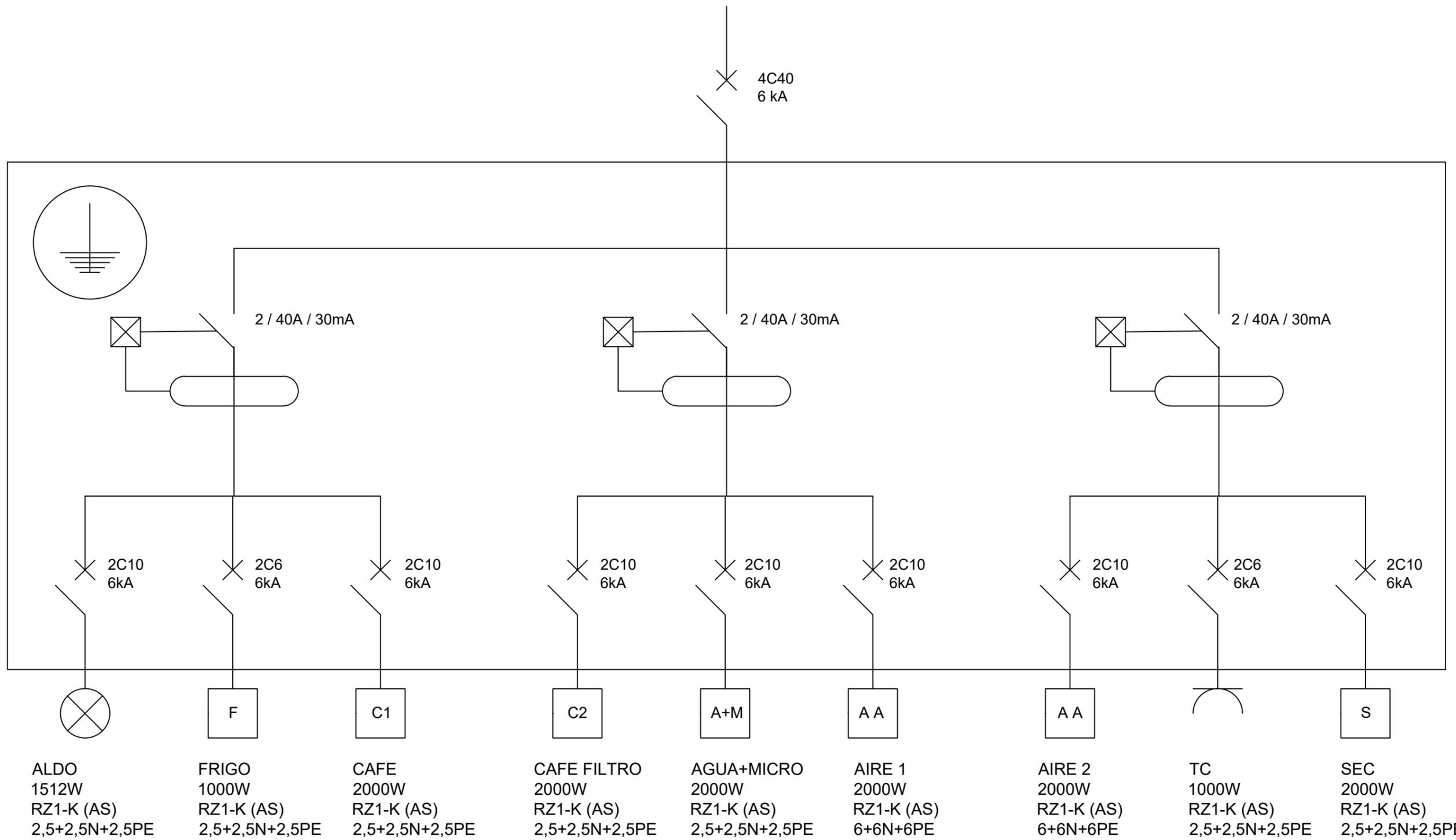


TRABAJO FIN DE GRADO

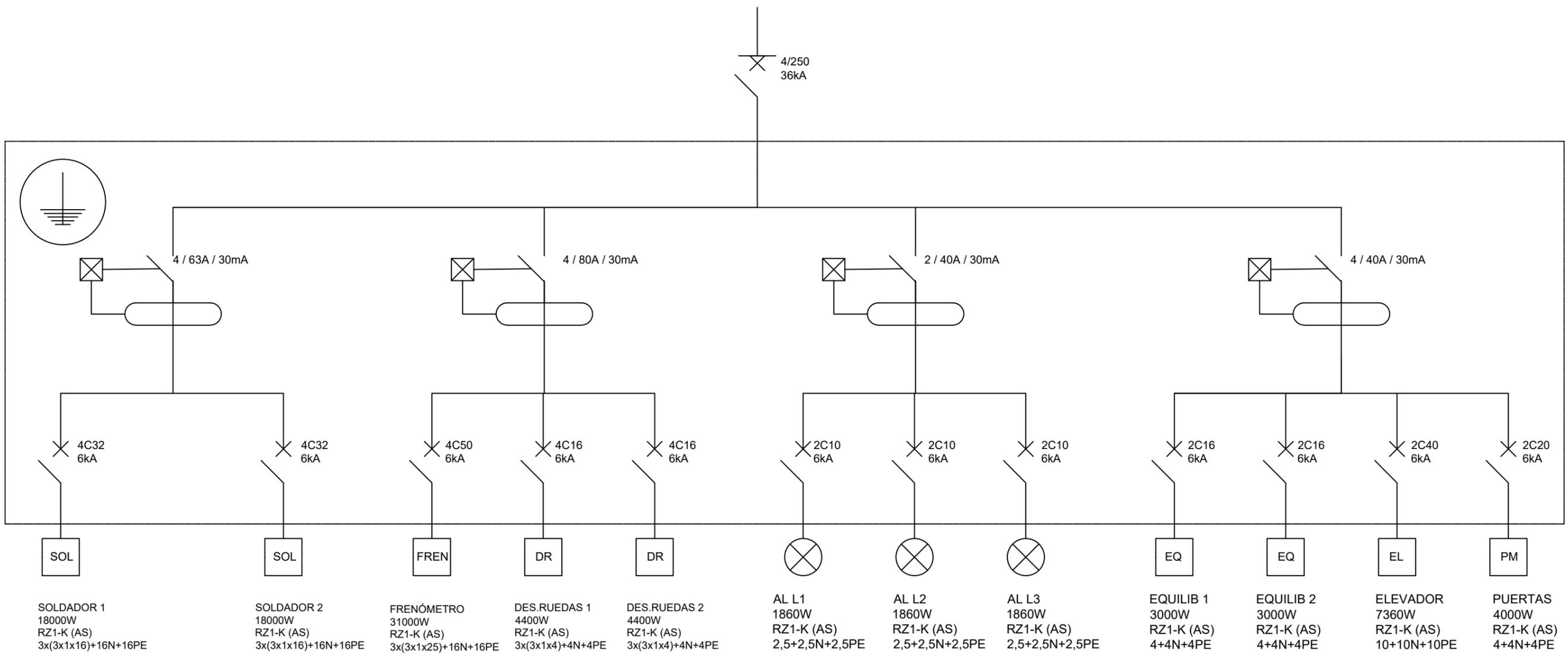
DESDE CGBT		INGENIERÍA ELÉCTRICA
DESDE CUADRO		CANALIZACIONES / 1:130
A RECEPTOR		MIKEL MINGUET GARCÍA



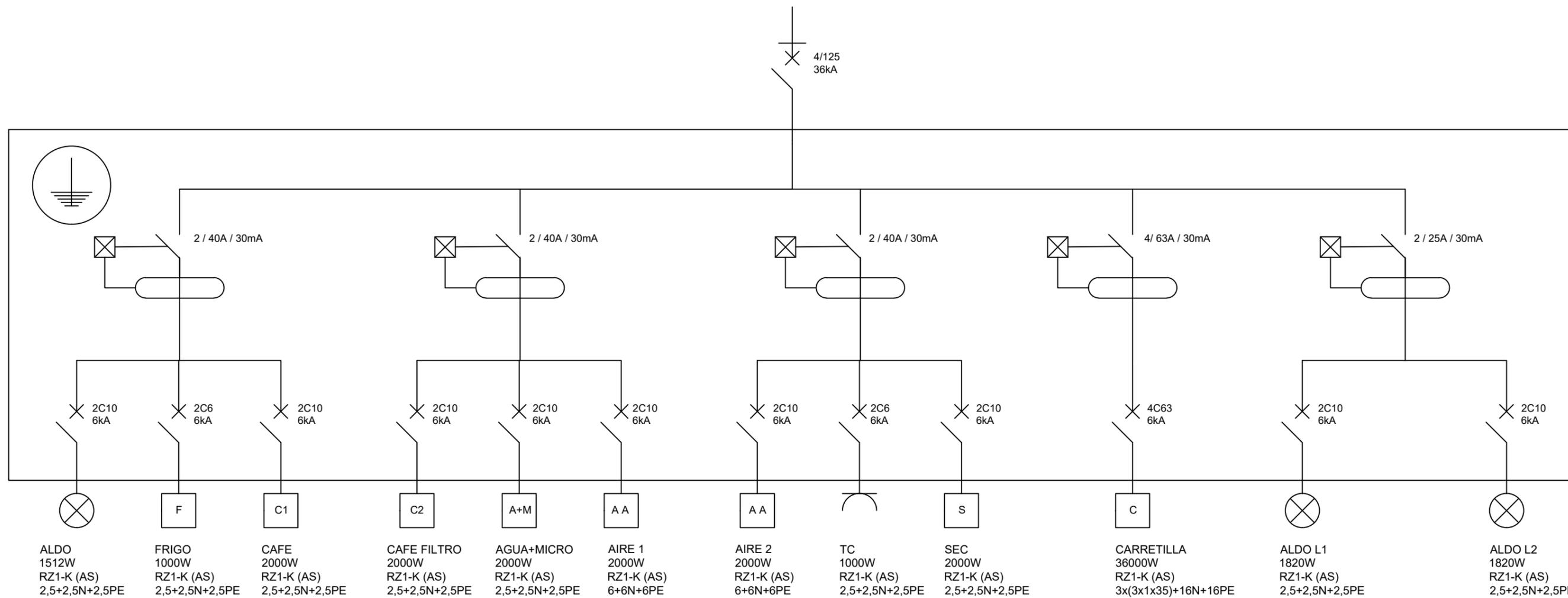
TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERÍA ELÉCTRICA
CUADRO GENERAL
MIKEL MINGUET GARCÍA



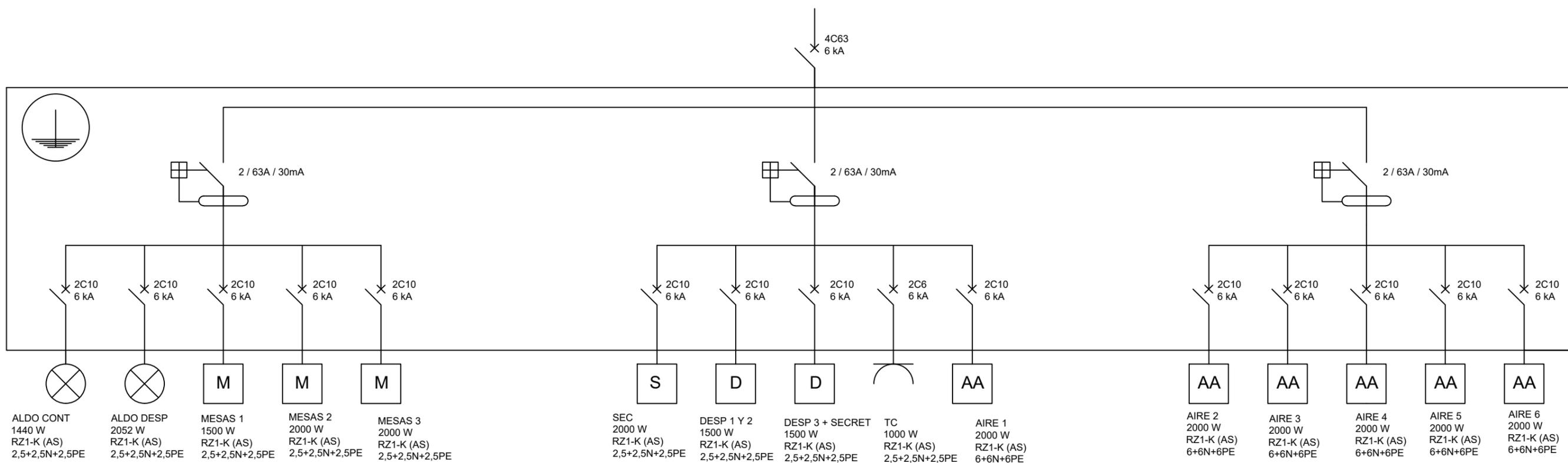
TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERÍA ELÉCTRICA
CUADRO SECUNDARIO 1
MIKEL MINGUET GARCÍA



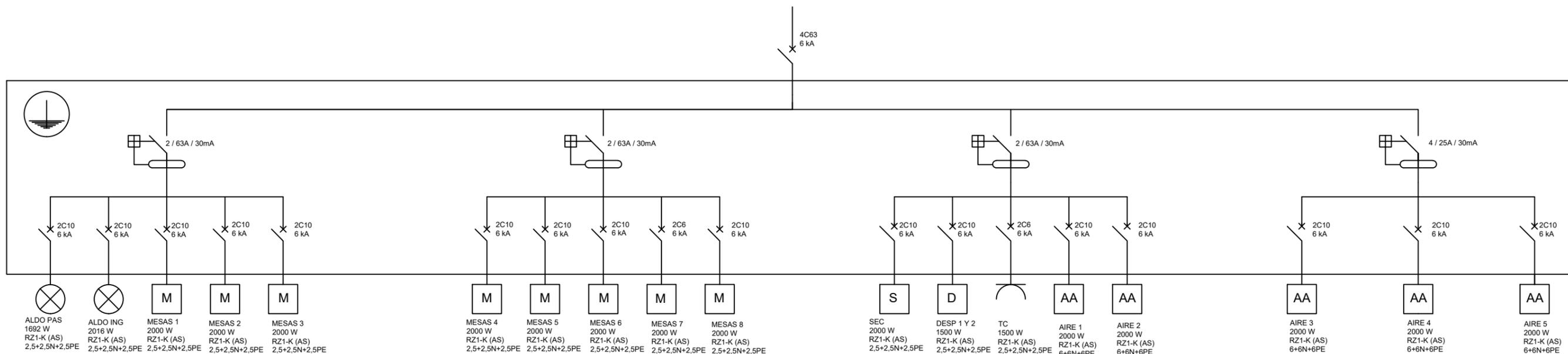
TRABAJO FINAL DE GRADO
 INGENIERÍA ELÉCTRICA
 CUADRO SECUNDARIO 2
 MIKEL MINGUET GARCÍA



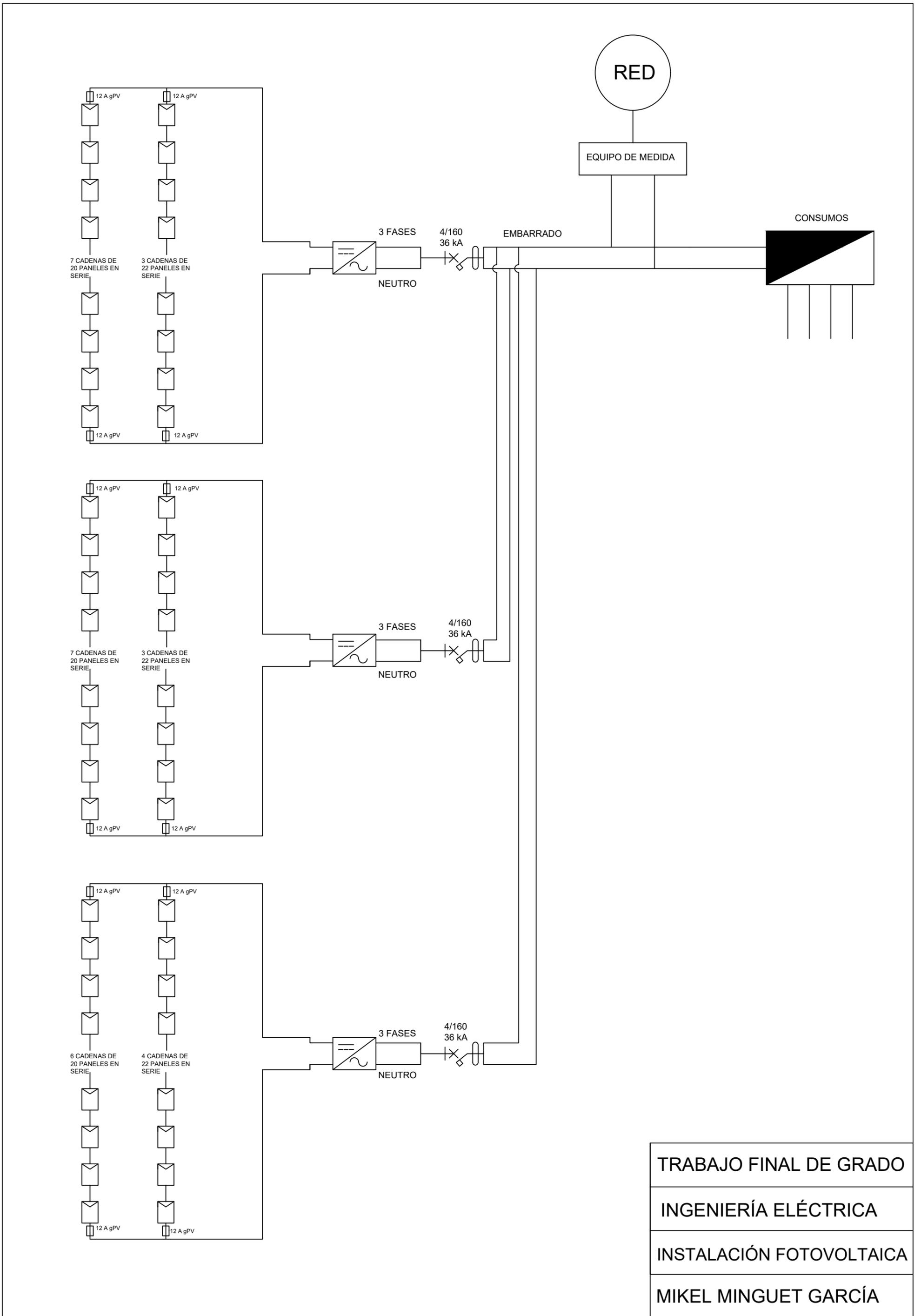
TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERÍA ELÉCTRICA
CUADRO SECUNDARIO 3
MIKEL MINGUET GARCÍA



TRABAJO FINAL DE GRADO
 INGENIERÍA ELÉCTRICA
 CUADRO SECUNDARIO 4
 MIKEL MINGUET GARCÍA



TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERÍA ELÉCTRICA
CUADRO SECUNDARIO 5
MIKEL MINGUET GARCÍA



TRABAJO FINAL DE GRADO
INGENIERÍA ELÉCTRICA
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA
MIKEL MINGUET GARCÍA