

**UNIVERSITAT JAUME I**  
**ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES**  
**EXPERIMENTALS**  
**MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL**

***Instalación eléctrica de baja tensión de  
una nave industrial situada en Forcall  
incluyendo la iluminación y con planta  
fotovoltaica en cubierta***

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

AUTOR/A

Jose Javier Conesa Obon

DIRECTOR/A

Héctor Beltrán San Segundo

Castelló, Juliol 2023



# Índice general

CAPÍTULO I: Instalación Fotovoltaica .....	3
Memoria .....	5
Anexos .....	55
Planos .....	118
Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red .....	127
Estado de mediciones y presupuesto.....	149
CAPÍTULO II: Iluminación .....	147
Memoria .....	149
Anexos .....	177
Planos .....	234
Pliego de condiciones técnicas instalaciones de iluminación .....	241
Estado de mediciones y presupuesto.....	264
CAPÍTULO III: Instalación eléctrica de baja tensión.....	249
Memoria .....	251
Anexos .....	282
Planos .....	336
Pliego de condiciones técnicas instalaciones eléctricas de baja tensión.....	343
Estado de mediciones y presupuesto.....	361
Bibliografía y webgrafía .....	365



# **CAPÍTULO I: Instalación Fotovoltaica**



# Memoria



# Índice

1.	Introducción .....	13
1.1.	Objeto.....	13
1.2.	Alcance .....	13
1.3.	Emplazamiento.....	13
2.	Antecedentes .....	14
2.1.	Energía y tecnología solar fotovoltaica .....	14
2.2.	Historia de la energía solar fotovoltaica y el efecto fotovoltaico .....	14
2.3.	La energía solar fotovoltaica y el efecto fotovoltaico .....	15
2.4.	Características del módulo.....	17
2.5.	Radiación solar bajo una atmósfera.....	19
2.6.	Concepto de Hora Solar Pico (HSP) .....	20
2.7.	Orientación óptima .....	21
2.8.	Sombras.....	21
2.9.	Tipos de instalaciones y contexto normativo.....	22
2.10.	Tipología de la instalación .....	23
3.	Diseño de la instalación.....	24
3.1.	Estudio de consumos .....	24
3.2.	Irradiancia del emplazamiento.....	25
	Opción 1: Orientación e inclinación óptimas, azimut de -8º e inclinación de 37º.....	25
-	Método 1.....	27
-	Método 2.....	28
	Opción 2: Coplanares con el tejado de la nave.....	30
	Opción seleccionada: Coplanares con el tejado de la nave. ....	30
3.3.	Selección de equipos a colocar .....	31
3.3.1.	Panel fotovoltaico .....	31
3.3.2.	Inversor .....	32
3.3.2.1.	Configuración A.....	32
3.3.2.2.	Configuración B .....	33
3.3.3.	Cableado.....	33
3.3.3.1.	Conductores de continua .....	34
3.3.3.2.	Conductores de alterna.....	35
3.3.4.	Protección eléctrica de continua.....	35
3.3.4.1.	Fusibles.....	36
3.3.4.2.	Sobretensiones.....	36

3.3.5.	Protección eléctrica de alterna .....	37
	Configuración A .....	37
	Configuración B .....	38
3.3.6.	Puesta a tierra .....	38
3.3.7.	Estructura y soporte .....	39
3.3.7.1.	Acción de la nieve.....	39
3.3.7.2.	Acción del viento .....	40
3.3.7.3.	Acciones térmicas.....	41
4.	Energía generada por la instalación .....	43
4.3.1.	Configuración A .....	45
4.3.2.	Configuración B .....	45
5.	Presupuesto .....	46
6.1.	Configuración A .....	46
6.1.1.	Presupuesto material .....	46
6.1.2.	Presupuesto instalación .....	46
6.1.3.	Presupuesto total .....	46
6.2.	Configuración B .....	47
6.2.1.	Presupuesto material .....	47
6.2.2.	Presupuesto instalación .....	47
6.2.3.	Presupuesto total .....	47
7.	Análisis económico .....	48
7.1.	Periodo de retorno de la inversión simple .....	50
7.2.	Periodo de retorno de la inversión actualizado .....	50
7.3.	Valor actual neto (VAN).....	51
8.	Justificación propuesta elegida .....	53
9.	Conclusiones.....	53

## Índice ilustraciones

<i>Ilustración 1: Diferentes estructuras de un átomo de silicio.</i> .....	15
<i>Ilustración 2: <a href="https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/index.html">https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/index.html</a>.</i> .....	16
<i>Ilustración 3: Conexiones internas de los paneles.</i> .....	17
<i>Ilustración 4: <a href="https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/">https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/</a>.</i> .....	17
<i>Ilustración 5: <a href="https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/">https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/</a>.</i> .....	18
<i>Ilustración 6: <a href="https://tecnosolab.com/noticias/wp-content/uploads/2017/04/Captura-de-pantalla-2017-04-05-a-las-12.18.40.png">https://tecnosolab.com/noticias/wp-content/uploads/2017/04/Captura-de-pantalla-2017-04-05-a-las-12.18.40.png</a>.</i> .....	19
<i>Ilustración 7: <a href="https://www.seiscubos.com/conocimiento/efecto-de-la-radiacion-solar-en-la-tierra">https://www.seiscubos.com/conocimiento/efecto-de-la-radiacion-solar-en-la-tierra</a>.</i> .....	19
<i>Ilustración 8: <a href="https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/world">https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/world</a>.</i> .....	20
<i>Ilustración 9: <a href="https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/spain">https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/spain</a>.</i> .....	20
<i>Ilustración 10: Altura y ángulo de incidencia del Sol.</i> .....	21
<i>Ilustración 11: <a href="https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html">https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html</a>.</i> .....	21
<i>Ilustración 12: Ejemplo de la cubierta de la nave con los paneles dispuestos con la opción 1. ..</i>	25
<i>Ilustración 13: Detalle de los ángulos de azimut e inclinación.</i> .....	26
<i>Ilustración 14: Dimensiones de los paneles.</i> .....	27
<i>Ilustración 15: Separación entre paneles.</i> .....	27
<i>Ilustración 16: Fuente IDAE.</i> .....	28
<i>Ilustración 17: Ejemplo de la cubierta de la nave con los paneles dispuestos con la opción 2. ..</i>	30
<i>Ilustración 18: Panel JA Solar.</i> .....	31
<i>Ilustración 19: FRONIUS Primo 3.0kW.</i> .....	32
<i>Ilustración 20: FRONIUS Symo 7.0-3-M 7kW.</i> .....	33
<i>Ilustración 21: <a href="https://autosolar.es/accesorios-paneles-solares/conectores-mc4-paneles-solares">https://autosolar.es/accesorios-paneles-solares/conectores-mc4-paneles-solares</a>.</i> .....	35
<i>Ilustración 22: Zonas climáticas de invierno.</i> .....	39
<i>Ilustración 23: Grecas de la cubierta.</i> .....	41
<i>Ilustración 24: Soporte de los paneles fotovoltaicos.</i> .....	41
<i>Ilustración 25: Isotermas de temperatura anual máxima.</i> .....	42

## Índice tablas

<i>Tabla 1: Consumos de energía medios por mes en kW.....</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 2: Irradiancia media para la opción 1.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 3: Irradiancia mensual opción 1.....</i>	<i>26</i>
<i>Tabla 4: Irradiancia media opción 2.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabla 5: Características del panel.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 6: <a href="https://www.prysmianclub.es/n2-calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/">https://www.prysmianclub.es/n2-calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/</a>.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7: Secciones del conductor de protección.....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 8: Zonas climáticas invierno.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 9: Cargas máximas admisibles en función de la distancia entre grecas y la velocidad del viento y cargas de nieve.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabla 10: Temperatura mínima del aire exterior.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabla 11: Valores de irradiancia.....</i>	<i>43</i>
<i>Tabla 12: Características del panel.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 13: Rendimiento global de la instalación.....</i>	<i>44</i>
<i>Tabla 14: Corrección por temperatura.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 15: Generación mensual Configuración A.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 16: Generación mensual Configuración B.....</i>	<i>45</i>
<i>Tabla 17: Consumos instalación referencia.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla 18: Factura eléctrica en función del número de paneles (1/4).....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 19: Factura eléctrica en función del número de paneles (2/4).....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 20: Factura eléctrica en función del número de paneles (3/4).....</i>	<i>49</i>
<i>Tabla 21: Factura eléctrica en función del número de paneles (4/4).....</i>	<i>50</i>
<i>Tabla 22: Evolución del VAN anual.....</i>	<i>52</i>

## Índice de gráficos

<i>Gráfico 1: Altura del sol en función del TSV .....</i>	<i>29</i>
<i>Gráfico 2: Irradiancia horaria para el mes de julio.....</i>	<i>44</i>
<i>Gráfico 3: Curva de consumo promedio mes de febrero.....</i>	<i>48</i>
<i>Gráfico 4: VAN en función de la configuración .....</i>	<i>51</i>

## Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1: Distancia entre filas</i> .....	27
<i>Ecuación 2</i> .....	28
<i>Ecuación 3</i> .....	28
<i>Ecuación 4</i> .....	28
<i>Ecuación 5</i> .....	28
<i>Ecuación 6</i> .....	28
<i>Ecuación 7</i> .....	28
<i>Ecuación 8</i> .....	28
<i>Ecuación 9</i> .....	28
<i>Ecuación 10</i> .....	28
<i>Ecuación 11: Sección del cable monofásico o continua</i> .....	33
<i>Ecuación 12: Sección del cable trifásico</i> .....	33
<i>Ecuación 13: Condiciones protección sobrecargas</i> .....	35
<i>Ecuación 13: Condiciones protección sobrecargas para tiempo largo</i> .....	36
<i>Ecuación 13: Condiciones protección sobrecargas para tiempo largo en fusibles</i> .....	36
<i>Ecuación 14: Carga de nieve en kN/m<sup>2</sup></i> .....	39
<i>Ecuación 15: Acción del viento en N</i> .....	40
<i>Ecuación 16: Acción del viento en N simplificada</i> . ....	40
<i>Ecuación 17: Acción térmica, dilatación-contracción</i> .....	41
<i>Ecuación 18: Energía eléctrica generada</i> . ....	43
<i>Ecuación 19: Periodo de retorno</i> . ....	50
<i>Ecuación 20: Periodo de retorno actualizado</i> .....	50
<i>Ecuación 21: VAN</i> . ....	51

# 1. Introducción

## 1.1. Objeto

El principal objetivo de este proyecto es llevar a cabo el diseño eléctrico de una nave industrial desde un punto de vista eficiente a nivel energético. Para ello, aparte del diseño de la instalación de baja tensión, se decide llevar a cabo la instalación de placas fotovoltaicas en el techo de la nave, las cuales permitirán reducir el coste energético en la actividad de la empresa y contribuir a mejorar la huella de carbono de la misma. Del mismo modo, se calculará un sistema de iluminación con tecnologías de última generación que optimicen el consumo eléctrico destinado a este fin. En el presente capítulo se diseñará la instalación fotovoltaica.

## 1.2. Alcance

Para conseguir los objetivos que pretende este proyecto, el procedimiento a seguir es el que se explica a continuación:

- Se realizará un estudio de consumo energético de la nave industrial gracias a los datos obtenidos del CUPS.
- Se obtendrán los datos de irradiancia en el emplazamiento desde la herramienta PVGIS de diferentes disposiciones de paneles fotovoltaicos, que se estudiarán y se analizará cuál de estas es la óptima.
- Se seleccionarán los equipos que conformarán la instalación: paneles fotovoltaicos, inversores de corriente, contadores, protecciones, cableado, etc. Este proceso será iterativo, ya que en función de los equipos y de su disposición final, se determinará cuántos de estos se van a colocar
- Se determinará la disposición de los paneles y el número de estos a colocar, conociendo la potencia de la instalación.
- Se realizará un estudio económico de la instalación que permitirá conocer qué disposición es la más óptima.
- Se elaborará una medición de materiales y un presupuesto económico total, que reflejarán la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto.
- Se diseñarán planos de la instalación fotovoltaica para permitir el potencial futuro desarrollo del proyecto.

## 1.3. Emplazamiento

El edificio donde se realizará la instalación eléctrica se encuentra en Av Pilar, 0015. Forcall (Castelló), con referencia parcela catastral 6534927YL3063S.

La nave consta de una única planta, destinada al almacenamiento de bebidas y productos de alimentación con estanterías. Esta nave tiene una superficie de 402 m<sup>2</sup>, con una altura máxima de la cubierta de 9,02 m.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Energía y tecnología solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se basa en la utilización de células fotoeléctricas que son capaces de convertir una fracción de la radiación solar incidente en energía eléctrica en corriente continua.

Estas células están hechas de dispositivos semiconductores elaboradas a base de silicio puro (Si) con adición de impurezas (boro, B y fósforo, P) formando dos capas entre las cuales se formará una diferencia de potencial al incidir los fotones de la luz, por acumulación de electrones en la capa superior y ausencia de ellos en la inferior. De tal manera se tienen dos puntos a distinto potencial, generando voltaje y, cuando se unen los dos terminales conectando una carga, circulará una corriente eléctrica continua.

### 2.2. Historia de la energía solar fotovoltaica y el efecto fotovoltaico

El efecto fotovoltaico fue descubierto por el francés Alexandre Edmond Bequerel en 1838, cuando experimentando con una pila electrolítica con electrodos de platino, observó que la corriente subía en uno de los electrodos cuando este se exponía al sol.

Años después, en 1873 el ingeniero eléctrico inglés Willoughby Smith fue quien descubrió el efecto fotovoltaico en sólidos En este caso sobre el Selenio.

En 1877, El inglés William Grylls Adams profesor de Filosofía Natural en la King College de Londres, junto con su alumno Richard Evans Day, crearon la primera célula fotovoltaica de selenio. A pesar de que la cantidad de electricidad que se obtenía descartaba cualquier aplicación práctica, se demostraba la posibilidad de transformar la luz solar en electricidad por medio de elementos sólidos sin partes móviles.

La posibilidad de una aplicación práctica del fenómeno no llegó hasta 1953 cuando Gerald Pearson de Bell Laboratories, mientras experimentaba con las aplicaciones en la electrónica del silicio, fabricó casi accidentalmente una célula fotovoltaica basada en este material que resultaba mucho más eficiente que cualquiera hecha de selenio. A partir de este descubrimiento, otros dos científicos también de Bell, Daryl Chaplin y Calvin Fuller perfeccionaron este invento y produjeron células solares de silicio capaces de proporcionar suficiente energía eléctrica como para que pudiesen obtener aplicaciones prácticas de ellas.

Pese a los avances técnicos alcanzados en el aumento del rendimiento de las células, los costes eran excesivamente altos y limitaban enormemente su aplicación práctica.

La demanda de paneles solares sólo venía de la industria juguetera o de la industria electrónica, para aplicarlos en pequeños aparatos eléctricos sencillos. Esta situación limitaba mucho el desarrollo de esta tecnología ya que eran muy reducidos los ingresos que se generaban haciéndose muy difícil destinar cantidades de dinero importantes a su desarrollo.

Con su aplicación para la alimentación del equipo de los satélites espaciales en la incipiente carrera espacial se encontró una vía excelente para su desarrollo. El costo no fue un factor limitante ya que los recursos dedicados en la carrera del espacio eran enormes. Primaba la capacidad de proveer energía eléctrica de manera fiable en áreas de muy difícil acceso. La tecnología fotovoltaica acabó por ganarle el pulso a las otras dos tecnologías que se barajaban: las baterías químicas y la energía nuclear. La aplicación de los paneles solares fotovoltaicos en gran número de misiones espaciales supuso un enorme impulso para la industria fotovoltaica.

### 2.3. La energía solar fotovoltaica y el efecto fotovoltaico

Una célula fotovoltaica, también conocida como panel solar o célula solar, es un dispositivo electrónico que convierte la luz solar directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico.

La célula fotovoltaica está compuesta principalmente por un material semiconductor, generalmente silicio. El silicio es elegido debido a su capacidad para liberar electrones cuando se expone a la luz solar. Hay varios tipos de células solares, como las de silicio monocristalino, policristalino, amorfo o de película delgada, cada una con características y eficiencias diferentes.

El silicio se dopa intencionalmente con impurezas para crear dos capas diferentes dentro de la célula: una capa tipo P (positiva) y una capa tipo N (negativa). La capa tipo P contiene átomos con "huecos" o falta de electrones, mientras que la capa tipo N tiene un exceso de electrones.

El panel fotovoltaico, por lo tanto, está compuesto principalmente por células fotovoltaicas, las cuales consisten en láminas de silicio dopado. Dichos átomos tienen 4 electrones en su última capa, por lo que se forma un enlace covalente con cada uno de los átomos de Si adyacentes. Al tener su capa de valencia (última capa de electrones) completa, no permiten la circulación de la corriente eléctrica, funcionando como aislante. Sin embargo, si se dopa con un átomo de 5 electrones de valencia como el fósforo (P), éste se incorpora a la red cristalina sustituyendo a un átomo de Si, entonces ese átomo tendrá cuatro enlaces covalentes y un electrón libre no enlazado. Se forma así un material semiconductor tipo N, en el que hay exceso de electrones libres, y, por tanto, de carga negativa.

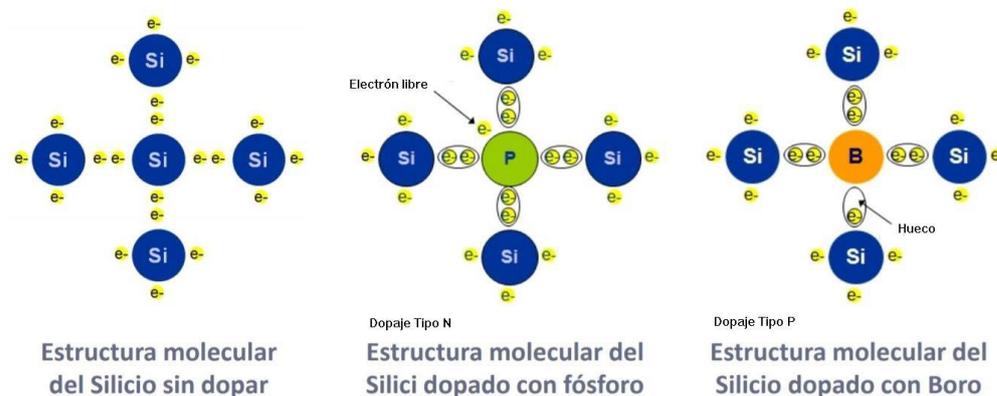


Ilustración 1: Diferentes estructuras de un átomo de silicio.

Para crear un semiconductor de tipo P, se debe dopar el silicio con elementos como el boro (B), cuyos átomos tienen 3 electrones de valencia, entonces se tendrá una red con átomos unidos con tres enlaces covalentes y un hueco que se encontrará en disposición de aceptar un electrón libre.

La unión entre la capa tipo P y la capa tipo N forma una región conocida como la zona de agotamiento. En esta región, los electrones de la capa tipo N se difunden hacia la capa tipo P y se recombinan con los huecos, creando una región sin portadores de carga libres.

Cuando los fotones de luz solar inciden sobre la célula fotovoltaica, pueden ser absorbidos por los átomos del semiconductor. La energía de los fotones permite que los electrones enlazados a los átomos adquieran suficiente energía para liberarse de sus enlaces y convertirse en electrones libres.

La absorción de un fotón libera un par electrón-hueco, donde el electrón es liberado en la capa tipo N y el hueco (la falta de electrón) se crea en la capa tipo P. La energía de los fotones debe ser igual o mayor que la brecha de energía del material semiconductor para que esto ocurra.

Debido a la existencia de la zona de agotamiento y al campo eléctrico interno, los electrones libres se mueven hacia la capa tipo P y los huecos se mueven hacia la capa tipo N. Esto crea una separación de carga, con electrones en la capa tipo P y huecos en la capa tipo N.

Los electrones libres generados por la absorción de fotones en la capa tipo N son empujados hacia la capa tipo P debido al campo eléctrico interno. Esta migración de electrones crea una corriente eléctrica.

Los contactos metálicos en la parte superior e inferior de la célula fotovoltaica se conectan a un circuito externo, permitiendo que los electrones fluyan a través del circuito para equilibrar la carga. En el camino, la corriente eléctrica generada puede utilizarse para alimentar dispositivos o almacenarse en baterías.

Mientras la luz solar incide sobre la célula fotovoltaica, se generarán continuamente pares electrón-hueco y, por lo tanto, corriente eléctrica. La cantidad de corriente generada depende de varios factores, como la intensidad de la luz solar, la eficiencia de la célula fotovoltaica y la geometría del dispositivo.

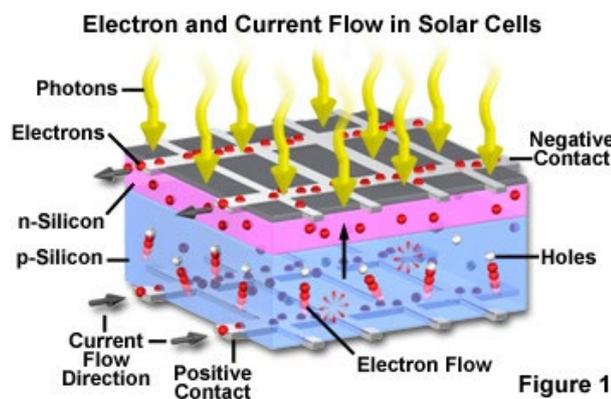


Ilustración 2: <https://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/solarcell/index.html>.

Las células FV de silicio típicamente están metalizadas con tiras delgadas impresas en la parte delantera y trasera. Están las tiras más finas, denominadas *fingers*, que llevan a las tiras gruesas perpendiculares a las anteriores, denominadas *bus*.

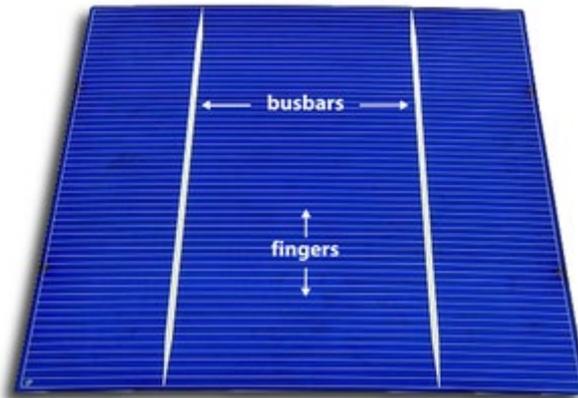


Ilustración 3: Conexiones internas de los paneles.

#### 2.4. Características del módulo

En este apartado, se describirían las características principales de un panel fotovoltaico. En la ficha técnica de un panel fotovoltaico se detallan una serie de parámetros medidos bajo unas determinadas condiciones estándar (STC): una irradiancia de  $1000 \text{ W/m}^2$ , una temperatura de célula de  $25^\circ\text{C}$  y una distribución espectral de AM 1,5G.

El comportamiento de una célula fotovoltaica viene definido por la curva Intensidad-Tensión (I-V) representada a continuación:

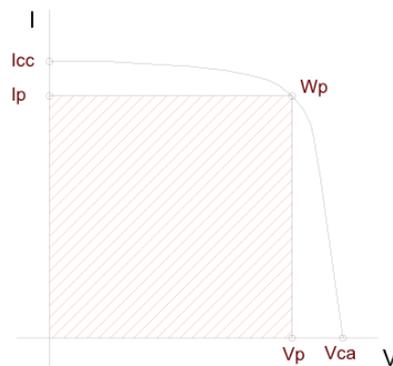


Ilustración 4: <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>.

Los parámetros que aparecen en la figura anterior (Ilustración 4: <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>) son los siguientes:

- Intensidad de cortocircuito ( $I_{cc}$  o  $I_{sc}$ ): es aquella que se produce a tensión 0 voltios, por lo que puede ser medida directamente en bornes mediante un amperímetro. Su valor variará en función de las condiciones atmosféricas de medida.

- Tensión de circuito abierto ( $V_{ca}$  o  $V_{oc}$ ): es la tensión máxima del panel, se puede medir al no tener ninguna carga conectada, directamente con un voltímetro, su valor variará en función de las condiciones atmosféricas.
- Potencia máxima ( $P_{max}$ ), medida en vatios pico (Wp): es la potencia máxima que puede suministrar el panel, es el punto donde el producto intensidad y tensión es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida.
- Corriente en el punto de máxima potencia ( $I_{mp}$ ): es la corriente producida cuando la potencia es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida.
- Voltaje en el punto de máxima potencia ( $V_{mp}$ ): es la tensión producida cuando la potencia es máxima, bajo unas condiciones estándar de medida.
- Eficiencia (%): este parámetro nos define la eficiencia de conversión ( $\eta$ ), la cantidad de potencia radiación incidente sobre el panel que es capaz de convertirse en potencia eléctrica. Rendimiento o eficiencia =  $W_p / W_r$ , donde  $W_r$  es la potencia de radiación incidente sobre el panel solar.
- Tolerancia (%): en el proceso de fabricación no todos los paneles solares son idénticos, presentan una pequeña dispersión. En general los fabricantes garantizan que la potencia del módulo  $P^*$  está dentro de una banda; 63%, 65, 0+3%. También lo ideal es buscar paneles con tolerancias sólo positivas, así el fabricante nos garantiza cómo mínimo la potencia del panel declarada en la ficha de características.
- TONC ( $^{\circ}C$ ), temperatura nominal de operación de la célula: es la temperatura que alcanzan las células cuando se le somete a una irradiancia de  $800 W/m^2$ , temperatura ambiente de  $20^{\circ}C$ , una velocidad del viento de  $1 m/s$  y una distribución espectral AM 1,5.

Otras características importantes a tener en cuenta:

- Efecto de la intensidad de iluminación (Irradiancia): La corriente que suministra un panel es proporcional a la intensidad de la radiación y la superficie de células del panel. Veamos un gráfico en diferentes irradiancias a temperatura constante, para mostrar cómo varía la intensidad, a mayor radiación incidente, mayor intensidad.

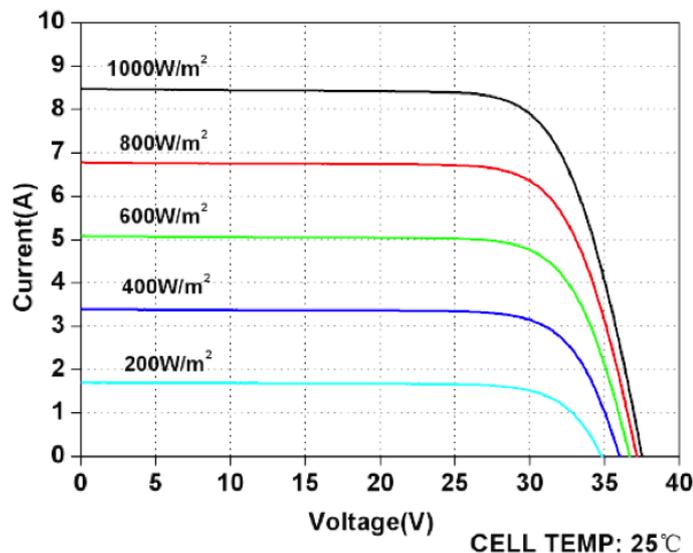


Ilustración 5: <https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>.

- Efecto de la temperatura: Los paneles presentan unas pérdidas por aumento de la temperatura de operación, por norma general oscilan por cada 10°C de incremento en un 4%. Así la tensión proporcionada por un panel varía en función de la temperatura. A mayor temperatura menor tensión. En el gráfico que a continuación mostramos, se puede observar:

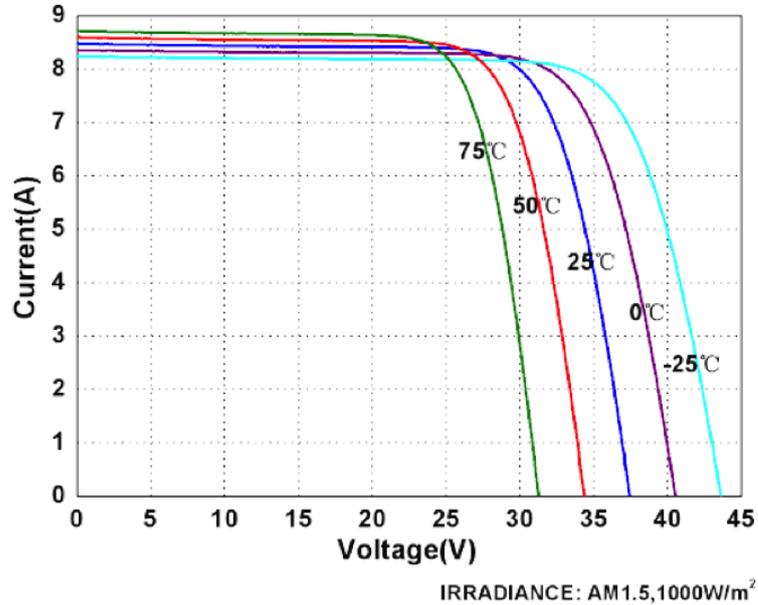


Ilustración 6: <https://tecnosolab.com/noticias/wp-content/uploads/2017/04/Captura-de-pantalla-2017-04-05-a-las-12.18.40.png>

Así en las fichas técnicas nos darán la variación en la potencia máxima ( $P_{m\acute{a}x}$ ). También tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ) e intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ ) con la temperatura.

## 2.5. Radiación solar bajo una atmósfera

La energía que llega a la Tierra por unidad de tiempo y unidad de superficie es la irradiancia. Esta depende de la distancia entre el Sol y la Tierra, por lo que varía a lo largo del año.

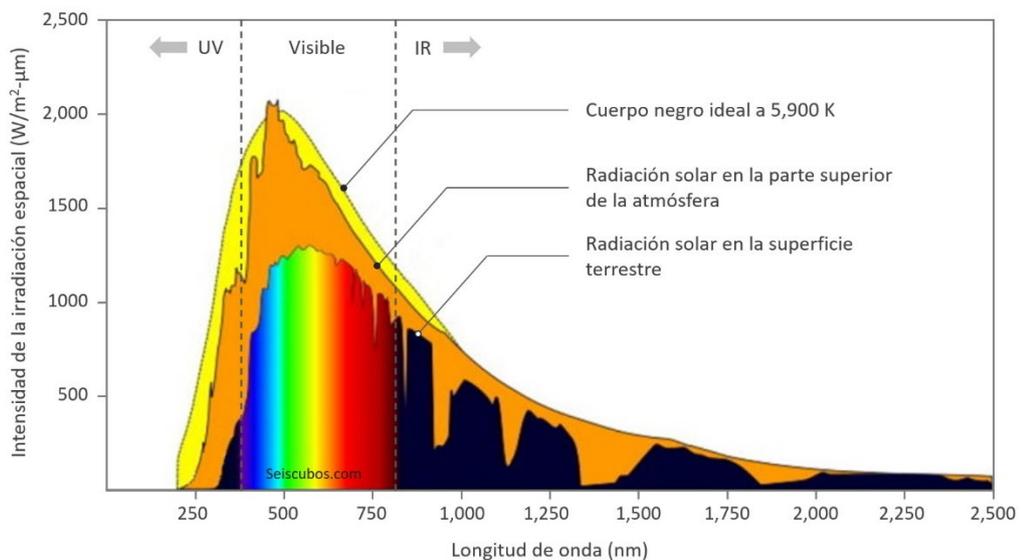


Ilustración 7: <https://www.seiscubos.com/conocimiento/efecto-de-la-radiacion-solar-en-la-tierra>.

La radiación que incide sobre una superficie situada bajo la atmósfera se compone por:

- Radiación directa: es la que llega en la dirección del Sol.
- Radiación difusa: llega en todas direcciones, a causa de la difusión que sufre la radiación solar al incidir sobre partículas en suspensión que hay en el aire.
- Albedo: radiación procedente de la reflexión en el entorno.

Los datos de radiación en el área donde se instalarán las placas se obtendrán de la base de datos de la herramienta PVGIS.

## 2.6. Concepto de Hora Solar Pico (HSP)

La hora solar pico (HSP), se refiere a la energía recibida por una radiación de  $1000 \text{ W/m}^2$  durante una hora. Este parámetro permite calcular de forma sencilla la energía recibida en un periodo de tiempo, facilitando hacer cálculos, estimaciones y dimensionados. La hora de sol pico (HSP) es un parámetro que depende de las siguientes variables:

- Localización: las zonas más próximas al ecuador suelen tener mayor HSP.

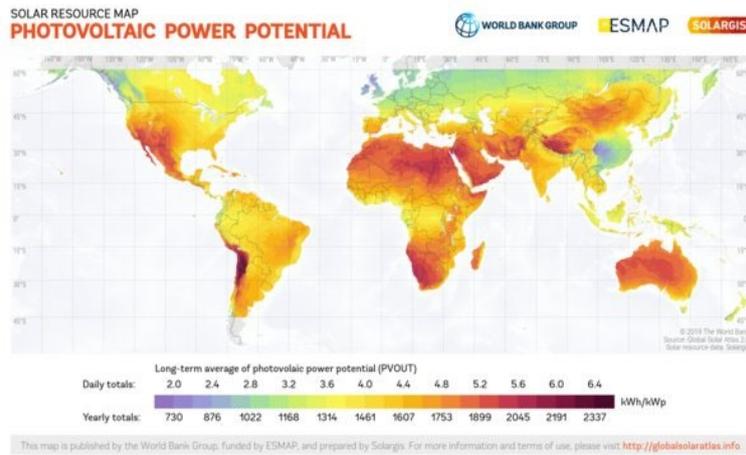


Ilustración 8: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/world>.

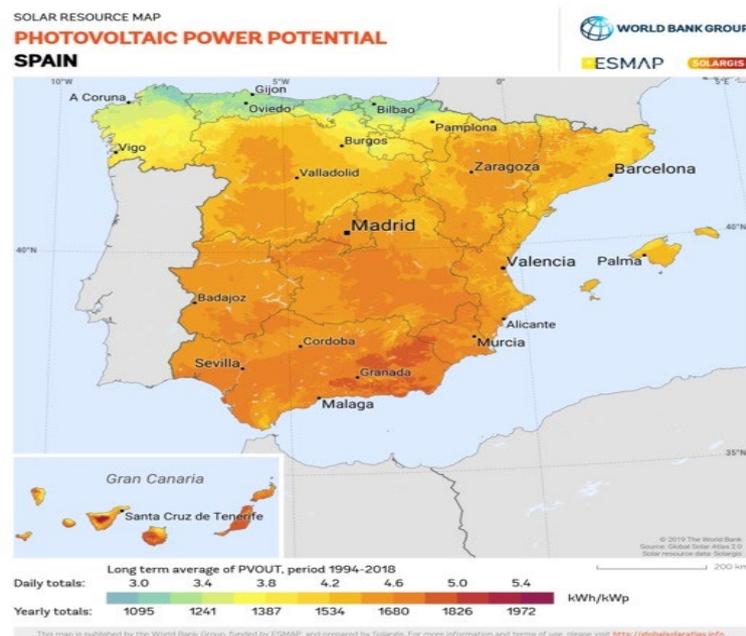


Ilustración 9: <https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/spain>.

- Fecha: en los meses de verano hay más irradiancia que en los de invierno debido al ángulo de incidencia que se verá en el siguiente punto.

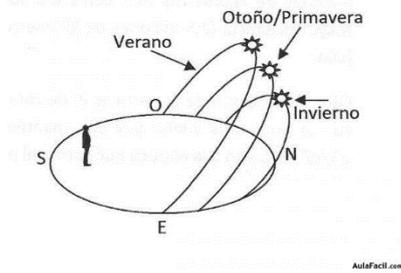


Ilustración 10: Altura y ángulo de incidencia del Sol.

- Atmósfera: la cantidad de radiación que llegará a la superficie dependerá de la composición de la atmósfera.
- Inclinación: cuanto mayor sea la perpendicularidad de la superficie que estamos midiendo con el sol, mayor será la radiación. Esta variable está relacionada con la fecha del año.

## 2.7. Orientación óptima

El Sol sigue una trayectoria que le hace alcanzar su altura máxima en el solsticio de verano y mínima en invierno, sin embargo, la máxima radiación se consigue cuando la superficie de captación es normal a la radiación solar.

Además, si la superficie captadora no sigue la posición del Sol, la posición óptima variará para cada mes. Este concepto se llama azimut, y varía en función de la ubicación de la instalación.

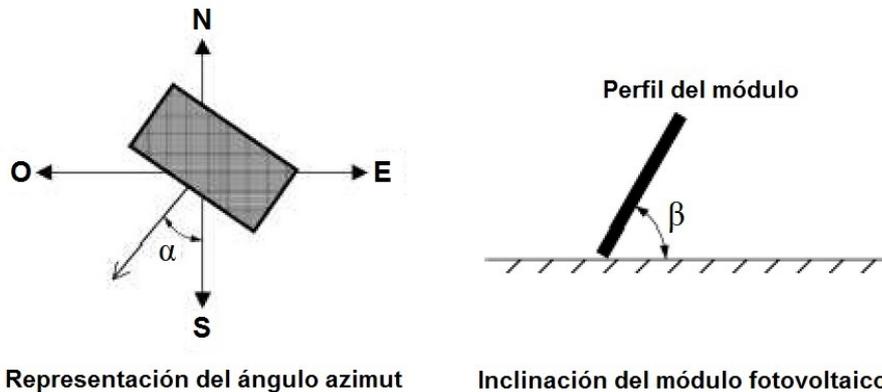


Ilustración 11: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn192.html>.

## 2.8. Sombras

Al interponerse un cuerpo opaco entre el Sol y el punto de captación, esa zona no producirá energía. Los paneles se deben separar de manera óptima de forma que con la inclinación de los mismos no proyecten una sombra excesiva sobre el siguiente. Existen diferentes formas de calcular las sombras a las que se expone la instalación, ya sea bien con cálculos numéricos o diseñándola mediante algún *software*. En este caso se realizará mediante cálculos numéricos.

## 2.9. Tipos de instalaciones y contexto normativo

Las instalaciones se clasifican principalmente en dos grupos:

- Instalación aislada: aquella donde no existe ninguna conexión con la red eléctrica. Se realizan en lugares donde sin la instalación FV no habría suministro de electricidad, ya sea por decisión propia del propietario, o bien por la complejidad del suministro de la red, la distancia o el terreno en el que se encuentra.
- Instalación de conexión a red: aquella donde ya existe previo suministro energético por parte de la compañía eléctrica.
  - Instalación de venta de energía: se vierte la energía a la red eléctrica como una acción de venta.
  - Instalación de autoconsumo: instalación de conexión a red en la cual se desea reducir el consumo de la compañía eléctrica. Esta tipología es la que se va a tratar en el proyecto.

El 5 de abril de 2019 el gobierno aprobó el RD 244/2019 que establece las condiciones para el autoconsumo fotovoltaico. El nuevo Real Decreto completó el marco regulatorio del RD 15/2018 que eliminó el conocido impuesto al sol.

Principales consideraciones del RD244/19 de abril 2019 son:

- 1.) Existencia de tres modalidades de autoconsumo: (i) sin excedentes, (ii) con excedentes acogidos a compensación y (iii) con excedentes no acogido a compensación.
- 2.) Reglamentación del autoconsumo colectivo.
- 3.) Para instalaciones fotovoltaicas, la potencia instalada será la potencia máxima del inversor.
- 4.) Elimina las limitaciones el máximo de potencia de generación instalada hasta la potencia contratada del consumidor asociado. En otras palabras, ya no es necesario que la potencia instalada sea menor o igual a la potencia contratada.
- 5.) Se permite que el consumidor y el propietario de la instalación sean personas físicas o jurídicas diferentes.
- 6.) Simplificación de tramitación:
  - a). Las instalaciones sin excedentes o las de excedentes de hasta 15 kW no necesitan permisos de acceso y conexión.
  - b). Para instalaciones de hasta 100 kW conectadas a baja tensión el contrato de acceso con la distribuidora será realizado de oficio por la empresa distribuidora.
  - c). Facilidad para el registro de autoconsumo.
- 7.) Establece el régimen económico. Se implantan varias posibilidades en función del tipo de autoconsumo:

a) Autoconsumo con excedentes pueden (i) vender la energía en el pool, o (ii) compensar mensualmente excedentes, mediante la valoración de la energía horaria excedentaria - compensación simplificada de excedentes.

b) El importe a compensar nunca podrá exceder la valoración mensual de la energía horaria consumida.

c) El productor acogido al autoconsumo con excedentes no acogida a compensación percibirá por la energía excedentaria vertida las contraprestaciones económicas pertinentes.

8.) Inscripción automática en el registro de autoconsumo para ciertos casos.

9.) Establece los equipos de medida a instalar:

a). De forma general, solamente hace falta un equipo de medida bidireccional en el punto frontera.

b). Los autoconsumos colectivos, con excedentes no acogidos a compensación con varios contratos de suministro o tecnología no renovable deberán contar con 2 equipos. Uno para consumo y otro para que mida la generación neta.

c). En ciertos casos se permite que el contador de medida se ubique fuera del punto de frontera.

## 2.10. Tipología de la instalación

La instalación que se va a proyectar es de autoconsumo con excedentes acogido a compensación. En este mecanismo de compensación, la energía procedente de la instalación de autoconsumo que no sea consumida instantáneamente o almacenada por los consumidores asociados, se inyecta a la red; cuando los consumidores requieran más energía de la que les proporciona la instalación de autoconsumo, comprarán la energía a la red al precio que marque su contrato de suministro (PVPC o de mercado libre pactado con la comercializadora).

Al final del periodo de facturación (no superior a un mes) se realiza la compensación entre el coste de la energía comprada de la red y el valor de la energía excedentaria volcada a la red (valorada a precio de mercado o al precio acordado entre las partes según sea el contrato de suministro). En cualquier caso, el máximo importe que puede compensarse será el importe de la energía comprada a la red. Es decir, en ningún caso el beneficiario podrá obtener ingresos de esta actividad, como máximo podrá conseguir un coste nulo en la factura de energía eléctrica.

Para poder acogerse al mecanismo de compensación de excedentes deberán cumplirse la totalidad de las condiciones siguientes:

- 1.-La instalación generadora es de fuente renovable.
- 2.-La potencia total de las instalaciones de producción asociadas es inferior o igual a 100 kW.
- 3.-La instalación no tenga otorgado un régimen retributivo adicional específico.

### 3. Diseño de la instalación

En este apartado se analizarán los aspectos fundamentales del diseño de la instalación fotovoltaica.

#### 3.1. Estudio de consumos

Para poder realizar el proyecto de instalación de placas fotovoltaicas, debe de analizarse los consumos de la nave industrial para que más tarde conjuntamente con la irradiancia y la separación de los paneles poder determinar el número a instalar al conocer la producción que generarán estos.

Para poder conocer el consumo, se han descargado los datos del consumo desde la empresa comercializadora de electricidad.

Los datos facilitados por la comercializadora hacen referencia a los consumos de la empresa durante una determinada hora, con lo cual se analizan todas las horas del año. Los consumos son de una nave anexa a la del presente proyecto, destinada a la misma actividad, y con los mismos consumos principales, por lo que para estimar el número de paneles se cogerán estos como referencia.

La herramienta PVGIS (*Photovoltaic Geographical Information System*) que proporciona los datos de irradiancia, entrega el valor medio mensual de esta, por lo que para comparar los consumos con la generación, se ha realizado la media mensual de consumo de energía. Este puede observarse en la Tabla 1.

Mes	Consumo (kWh)
Enero	921
Febrero	676
Marzo	581
Abril	783
Mayo	727
Junio	917
Julio	1182
Agosto	1203
Septiembre	725
Octubre	711
Noviembre	776
Diciembre	910

Tabla 1: Consumos de energía medios por mes en kW.

Si se analizan los consumos de la Tabla 1, se observa como los meses de invierno y los de verano son los que presentan un consumo más elevado. Esto se debe al uso de la climatización en las oficinas en invierno debido a las bajas temperaturas. Sin embargo, el consumo máximo es en los meses de julio y agosto, al ser cuando mayor actividad tiene la empresa y al igual que en invierno, al uso de los equipos de climatización con mayor frecuencia en las oficinas.

### 3.2. Irradiancia del emplazamiento

En este apartado, se va a proceder a calcular la irradiancia que incide sobre el emplazamiento de la nave, para así poder determinar la cantidad de paneles necesarios para cubrir esta demanda. Como se ha comentado ya con anterioridad, PVGIS permite conocer la irradiancia que hay sobre un punto exacto de forma horaria, haciendo el promedio para cada uno de los meses.

Se trata de una herramienta gratuita, que ha sido desarrollada por investigadores del JCR (*Joint Research Center*) de los servicios científicos internos de la Comisión Europea y puede utilizarse para calcular la producción de energía solar fotovoltaica de un sistema fotovoltaico en casi cualquier lugar del mundo. Para realizar los cálculos usa estudios e investigaciones, bases de datos, históricos, y mapas para facilitar su uso.

PVGIS indica el ángulo óptimo de colocación de los paneles al conocer la ubicación exacta. Las coordenadas de la ubicación de la nave son: latitud  $40,644^\circ$  y longitud  $-0,203^\circ$ .

El ángulo de incidencia de la radiación solar es uno de los factores determinantes a la hora de la instalación de los paneles solares, ya que con un ángulo óptimo se puede conseguir un mejor rendimiento de los mismos.

Normalmente los paneles solares fotovoltaicos fijos en el hemisferio norte se colocan hacia el sur, ya que al salir el sol por el este y esconderse por el oeste, estos aprovechan al máximo la luz solar durante todo el día en los diferentes días del año. La orientación que tienen los paneles puede ser diferente a la orientación sur, de esta forma se produce más energía en determinadas horas.

Para ello, se va a estudiar la producción de energía para las dos disposiciones de placas diferentes, siendo la primera de ellas con orientación e inclinación óptimas (Opción 1: Orientación e inclinación óptimas, azimut de  $-8^\circ$  e inclinación de  $37^\circ$ .), o bien coplanares con el tejado de la nave (Opción 2: Coplanares con el tejado de la nave.).

Opción 1: Orientación e inclinación óptimas, azimut de  $-8^\circ$  e inclinación de  $37^\circ$ .

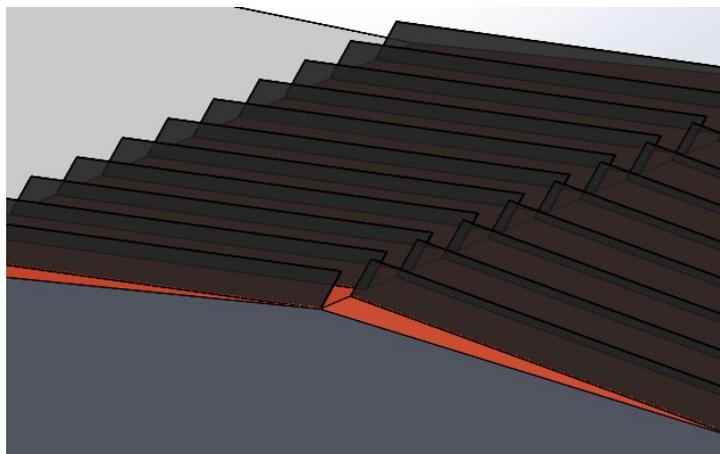


Ilustración 12: Ejemplo de la cubierta de la nave con los paneles dispuestos con la opción 1.

La irradiancia media que incidiría con esta configuración es la que aparece en la Tabla 2:

Mes	Radiación media mensual día (Wh/(dia·m <sup>2</sup> ))	HSP media mensual día (kWh/(dia·m <sup>2</sup> ))
Enero	3839	3,8
Febrero	4726	4,7
Marzo	5205	5,2
Abril	5516	5,5
Mayo	5849	5,8
Junio	6226	6,2
Julio	6713	6,7
Agosto	6353	6,4
Septiembre	5710	5,7
Octubre	5022	5,0
Noviembre	3987	4,0
Diciembre	3861	3,9

Tabla 2: Irradiancia media para la opción 1

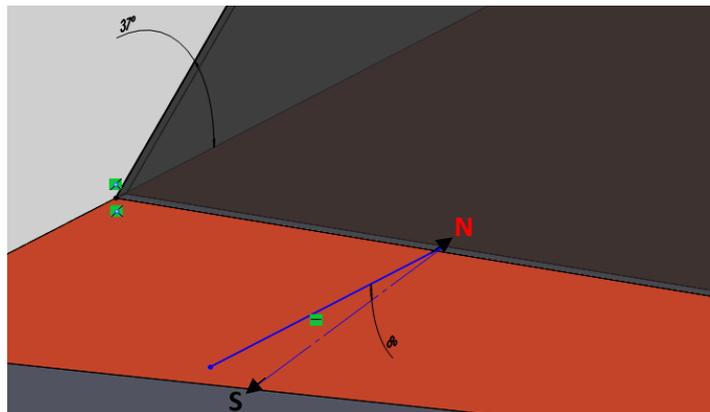


Ilustración 13: Detalle de los ángulos de azimut e inclinación.

La irradiancia mensual es la que se muestra en la Tabla 2:

Mes	PVGIS (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	111,36
Febrero	173,9
Marzo	135,22
Abril	140,51
Mayo	199,11
Junio	179,39
Julio	210,68
Agosto	200,83
Septiembre	168,75
Octubre	166,73
Noviembre	121,69
Diciembre	126,08

Tabla 3: Irradiancia mensual opción 1

Con esta disposición de los paneles, se deben tener en cuenta las sombras que una fila de paneles o un panel ejercerá sobre la siguiente. Para asegurar que esto no suceda, se va a proceder a calcular la separación mínima que lo garantice. Las dimensiones del panel que se instalará son fundamentales para realizar los cálculos. Estas son las que aparecen en la Ilustración 14:

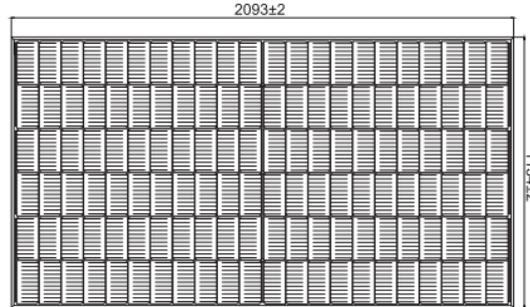


Ilustración 14: Dimensiones de los paneles.

Existen dos métodos para calcular la separación entre paneles:

- Método 1

El IDAE, en el Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red, utiliza la Ecuación 1 para calcular la distancia ( $l$ ) entre filas de paneles fotovoltaicos:

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

Ecuación 1: Distancia entre filas

Donde:

- $l$ : Longitud entre filas. (dato a calcular)
- $a$ : Altura del panel. (1,134 m)
- $h$ : Altura máxima sobre el nivel del suelo que alza el panel. (0,682 m)
- $\beta$ : Ángulo de inclinación del panel. (37°)
- *Latitud*: Latitud expresada en grados sexagesimales. (40,646°)

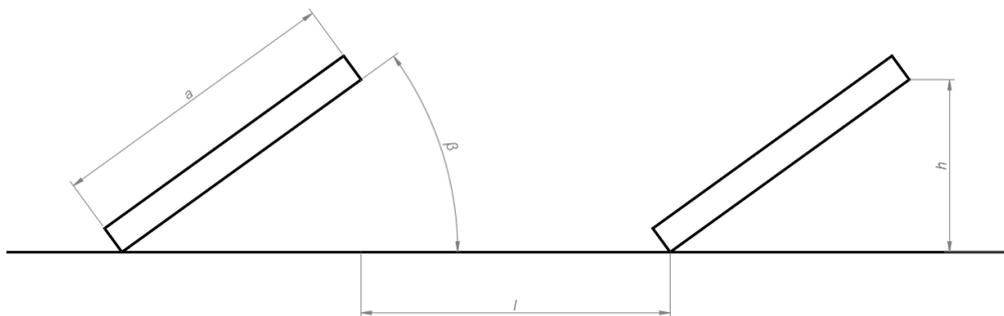


Ilustración 15: Separación entre paneles.

Teniendo en cuenta los parámetros de la fórmula y realizando el cálculo, se determina que la distancia de separación entre filas de los paneles debe ser de 1,83 m.

- Método 2

El pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a la red, del IDAE, recomienda que la distancia  $d$ , medida sobre la horizontal, entre filas de módulos o entre una fila y un obstáculo de altura  $h$  que pueda proyectar sombras, sea tal que se garanticen al menos 4 horas de sol en torno al mediodía del solsticio de invierno.

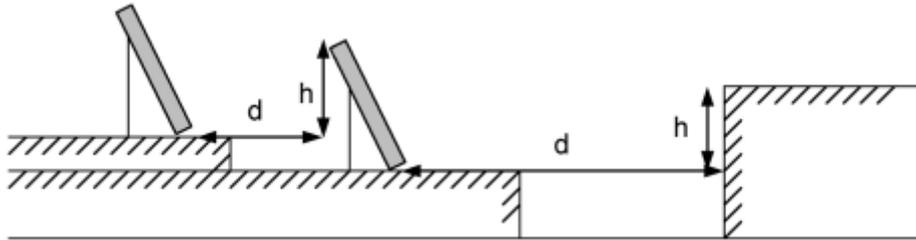


Ilustración 16: Fuente IDAE.

Para ello, se necesita conocer la altura del sol  $\beta_s$  para ese día, y así determinar la distancia que evita que una fila le haga sombra sobre la siguiente.

$$\sin(\beta_s) = \sin(\Phi) \cdot \sin(\delta) + \cos(\Phi) \cdot \cos(\delta) \cdot \cos(h)$$

Ecuación 2

$$\cos(\alpha_s) = \cos(\delta) \cdot \sin(h) / \cos(\beta_s)$$

Ecuación 3

$$h = a \cdot \sin(\beta)$$

Ecuación 4

$$c = a \cdot \cos(\beta)$$

Ecuación 5

$$s = a \cdot [\cos(\beta) + \sin(\beta) / \tan(\beta)]$$

Ecuación 6

$$a' = a \cdot (1 - d/s)$$

Ecuación 7

$$TSV = HO - \varepsilon + ET + \left(\frac{1}{15}\right) \cdot (\lambda_m - \lambda)$$

Ecuación 8

$$\delta = 23,45 \cdot \sin [360 \cdot (284 + z) / 365]$$

Ecuación 9

$$h = 15 \cdot (12 - TSV)$$

Ecuación 10

Donde:

- d: separación entre dos filas.
- s: longitud de la sombra.
- a: altura del panel.
- h: altura de la fila de paneles.
- c: ancho de la fila de paneles.
- a': altura de la sombra medida sobre el plano de la 2ª fila de paneles.
- $\alpha_s$ : Azimut solar.
- $\Phi$ : Latitud.
- $\delta$ : Valor de la declinación
- h: Ángulo horario =  $15 \cdot (12 - \text{TSV})$
- TSV: Hora del día en tiempo solar verdadero.
- HO: Hora oficial del país. (12h)
- $\varepsilon$ : Corrección horaria oficial (1 en invierno y 2 en verano). (1)
- $\lambda_m$ : Longitud del huso horario donde está situada la localidad. (0)
- $\lambda$ : Longitud de la localidad (positivo hacia el oeste y negativo hacia el este). (0,203)
- z: Día del año en que se produce el solsticio de invierno. (356)

Aplicando las ecuaciones (Ecuación 2, Ecuación 3, Ecuación 7, Ecuación 8, Ecuación 9 y Ecuación 10), se obtiene el siguiente gráfico:

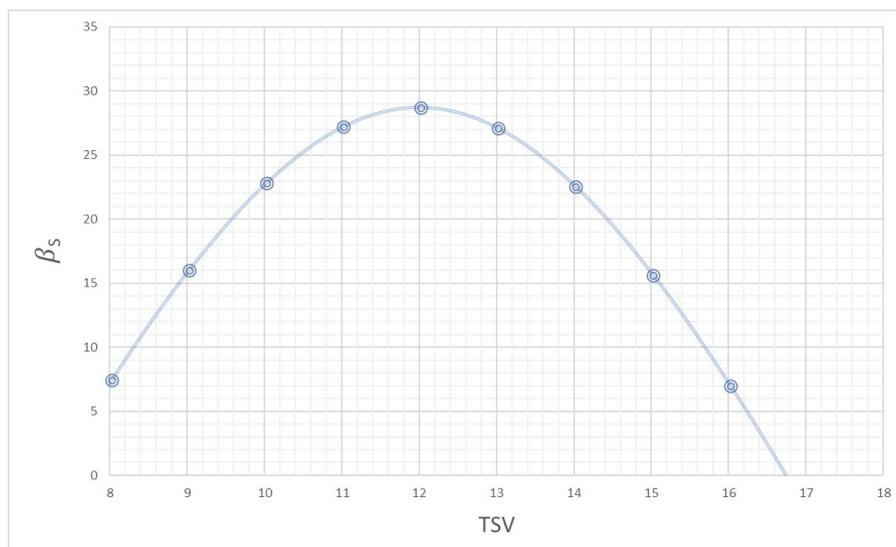


Gráfico 1: Altura del sol en función del TSV

Si se observa el gráfico, se puede determinar el ángulo de elevación del Sol ( $\beta_s$ ) donde no se proyectará sombra durante 4 horas (11h y 14h), siendo este de  $22,53^\circ$ .

Conocido este ángulo, se procede a calcular la distancia de separación entre dos filas de placas (Ecuación 4 Ecuación 2, Ecuación 5 y Ecuación 6) y se obtiene una separación de 1,65 m.

Comparando ambos métodos, se observa una diferencia de 18 cm, siendo más restrictivo el primero de ellos, por lo que la separación mínima entre paneles sería de 1,83 m para tener un mayor margen.

Opción 2: Coplanares con el tejado de la nave.

En este tipo de configuración, no se proyectan sombras de un panel o fila de paneles sobre los siguientes, además, no requiere de una estructura que fije la orientación del panel.

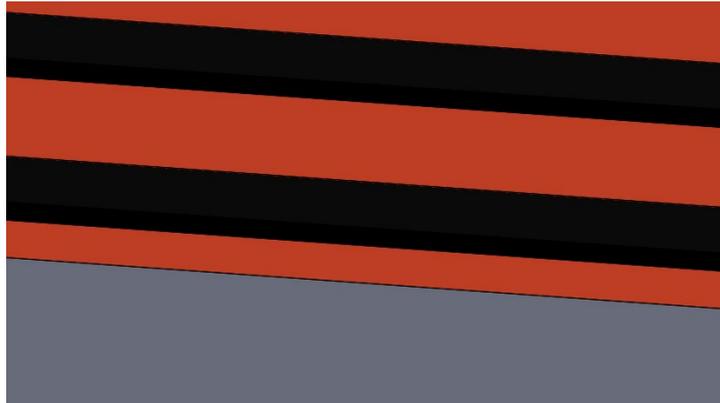


Ilustración 17: Ejemplo de la cubierta de la nave con los paneles dispuestos con la opción 2.

La irradiancia media que incidiría con esta configuración es la siguiente:

Mes	PVGIS (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	64,82
Febrero	109,67
Marzo	109,02
Abril	134,44
Mayo	206,03
Junio	196,04
Julio	223,54
Agosto	194,05
Septiembre	143,92
Octubre	116,68
Noviembre	72,14
Diciembre	66,52

Tabla 4: Irradiancia media opción 2

Opción seleccionada: Coplanares con el tejado de la nave.

Si se analizan las dos irradiancias, se observa que es superior la Opción 1, sin embargo, se continuará con los cálculos con la Opción 2.

La zona en que se encuentra la nave sufre fuertes rachas de viento, por lo que la instalación coplanar es más recomendada. Además, debido a la gran superficie que tiene la cubierta de la nave, de ser necesaria más potencia, sería menos costoso colocar más paneles, que estructuras en ellos.

### 3.3. Selección de equipos a colocar

Un sistema fotovoltaico conectado a red se puede definir como un sistema de generación fotovoltaica que trabaja en paralelo con la red de la Compañía Eléctrica, es decir, las salidas de ambos sistemas de generación están conectadas entre sí, de forma que el primero actúa como si fuera un generador más de la Compañía, inyectando energía eléctrica en su red de distribución.

De aquí en adelante se seleccionarán los equipos que compondrán la instalación, ateniéndonos a dos configuraciones coplanares a las aguas de la nave: una de ellas con 5 paneles, y la otra con 14. Más adelante, en el análisis económico se seleccionará y justificará el porqué de la elección de este número de paneles.

Para abreviar en los siguientes apartados, se hablará de Configuración A para la formada por 5 paneles, y Configuración B para la de 14.

#### 3.3.1. Panel fotovoltaico

En ambas configuraciones, los tipos de paneles que se van a colocar son los mismos. Estos son monocristalinos tipo PERC de la marca JA Solar. Este tipo de panel incorpora una lámina en la cara posterior de la célula que por un lado permite una mayor captación de la luz solar, y por otro, una mayor captación de electrones. De esta forma se consigue una mayor corriente y, en consecuencia, mayor potencia. Además, permite un mejor aprovechamiento de la luz recibida, ya que si una zona del panel esta sombreada, no afecta a la producción del resto de las células, evitando errores en cadena y aumentando el rendimiento.

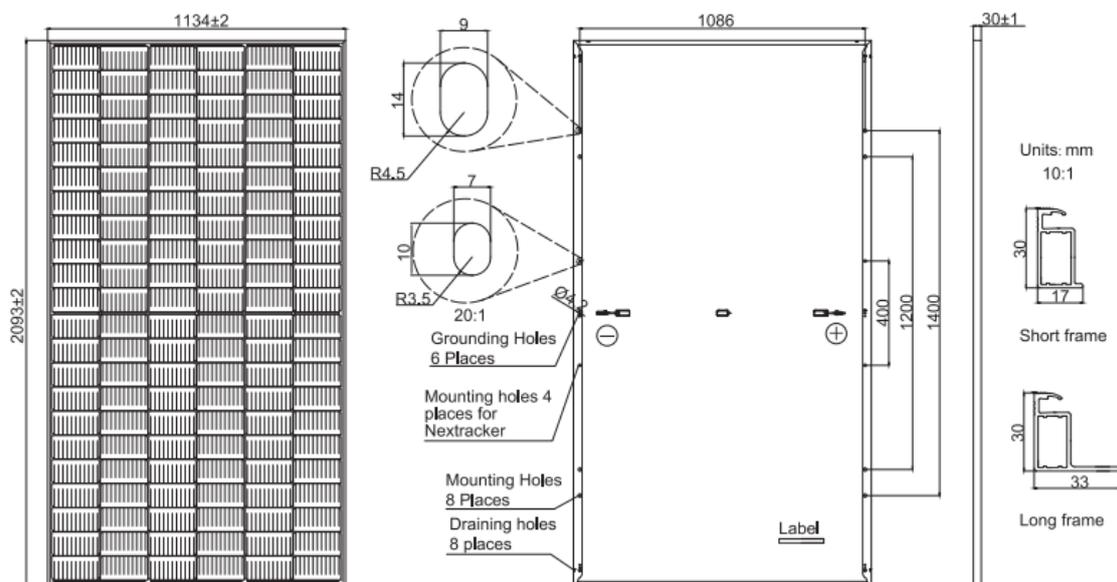


Ilustración 18: Panel JA Solar.

Respecto a las especificaciones técnicas, se trata de un panel solar de una potencia de 500 W, con una tensión de 38,35 V y una corriente de 13,04 A. En la Tabla 5 aparecen sus características.

TYPE	JAM66S30 -500/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	500
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.59
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	38.35
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.93
Maximum Power Current(Imp) [A]	13.04
Module Efficiency [%]	21.1
Power Tolerance	
Temperature Coefficient of Isc( $\alpha_{Isc}$ )	
Temperature Coefficient of Voc( $\beta_{Voc}$ )	
Temperature Coefficient of Pmax( $\gamma_{Pmp}$ )	
STC	

Tabla 5: Características del panel

### 3.3.2. Inversor

En función de la configuración, se instalará o bien un inversor monofásico (Configuración A) o uno trifásico (Configuración B). En ambos casos los inversores son de la marca Fronius y se instalará también un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo de la misma marca.

#### 3.3.2.1. Configuración A

Para la Configuración A, se trata de un inversor de conexión a red FRONIUS Primo 3.0 kW, el cual permite interconectarse con la red eléctrica sin necesidad de baterías, es por ello que este tipo de instalaciones son económicas y muy rentables a largo plazo, dado su bajo coste proveniente de una instalación sencilla.

Los modelos Primo tienen una interfaz estándar a internet a través de WLAN o Ethernet y fácil integración con componentes de otros fabricantes, incluyen *datamanager* y conexión gratuita al portal *solarweb*. Dispone de una interfaz *Meter* que permite una gestión dinámica de la alimentación y la visualización del consumo.

Los inversores Fronius disponen también de un sistema de inyección a la red cero. La funcionalidad de los sistemas de inyección cero, es rebajar la potencia del inversor cuando la energía producida es superior a la energía consumida, evitando así que se vierta a la red eléctrica general.



Ilustración 19: FRONIUS Primo 3.0kW.

### 3.3.2.2. Configuración B

Para la Configuración B, se trata de un inversor de conexión a red FRONIUS Symo 7.0-3-M 7kW, el cual también permite interconectarse con la red eléctrica sin necesidad de baterías. Incorporan dos MPPT o seguidores del punto de máxima potencia.

Este modelo también tiene interfaz estándar a internet a través de WLAN o Ethernet y fácil integración con componentes de otros fabricantes, incluyendo *datamanager* y conexión gratuita al portal *solarweb*.

Al igual que el modelo anterior, también dispone de interfaz *Meter* y sistema de inyección a la red cero.



Ilustración 20: FRONIUS Symo 7.0-3-M 7kW.

### 3.3.3. Cableado

El cableado conecta los componentes y dispositivos de protección y control. Este está sujeto al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Según este, la sección mínima del cable depende de la caída de tensión máxima tolerada en la línea, de la intensidad máxima que puede circular, de la longitud del conductor y del metal conductor. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U}$$

Ecuación 11: Sección del cable monofásico o continua

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U \cdot U}$$

Ecuación 12: Sección del cable trifásico

Donde:

- $P$ : Es la potencia en W.
- $L$ : Es la longitud del cableado en metros.
- $\Delta U$ : Es la caída de tensión máxima admisible en V.
- $\gamma$ : Es la conductividad del conductor en  $m / (\Omega \cdot mm^2)$
- $S$ : Es la sección del conductor en  $mm^2$ .

### 3.3.3.1. Conductores de continua

La distribución de los paneles fotovoltaicos se especifica en el apartado de los planos. Para la Configuración A, la longitud máxima de los cables será de 22 metros. Por otro lado, en la Configuración B, la longitud máxima será de 34 metros.

En ambas configuraciones el tipo de cable será unifilar de cobre, con el polo positivo con un recubrimiento de XLPE rojo y el negativo con recubrimiento negro. La conductividad de un cable de cobre es de  $58 \text{ m} / (\Omega \cdot \text{mm}^2)$  a  $20^\circ\text{C}$ , si se tiene en cuenta que el cable se puede llegar a calentar a temperaturas de hasta  $90^\circ\text{C}$ , su conductividad se reduce hasta los  $45,49 \text{ m} / (\Omega \cdot \text{mm}^2)$ .

Valores de conductividad ( $\gamma$ ) en  $\text{m}/(\Omega \cdot \text{mm}^2)$

	TEMPERATURA DEL CONDUCTOR		
	20 °C	TERMOPLÁSTICOS 70 °C	TERMOESTABLES 90 °C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

Tabla 6: <https://www.prysmianclub.es/n2-calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/>.

La caída de tensión recomendada según la IDAE es de un 0,5%, mientras que la máxima admisible es de 1,5%, por lo que se seguirá con el dimensionamiento de los conductores con la caída de tensión máxima admisible del 1,5%.

Si se aplica la Ecuación 11, se determina que la sección del cable debe ser de  $4,38 \text{ mm}^2$  para la Configuración A y de  $2,42 \text{ mm}^2$  para la B. Por lo tanto, al escogerse una sección estándar, se debe escoger la inmediatamente superior, es decir un cable de  $6 \text{ mm}^2$  de sección para la Configuración A, y  $4 \text{ mm}^2$  para la Configuración B. Sin embargo, se decide seleccionar una sección de  $6 \text{ mm}^2$  para ambas configuraciones, disminuyendo también la caída de tensión en el conductor.

Según la norma UNE 20460-5-523:2004 del reglamento de baja tensión, la sección debe cumplir con los criterios de intensidad máxima admisible por sección. Esta puede observarse en la Tabla C.52.1 bis adjunta en los anexos.

Para determinar la intensidad máxima admisible se debe de tener en el tipo de cable y su método de instalación. En este caso, se trata de un cable unipolar de XLPE instalado al aire libre (tipo F), por lo que se deberá buscar el valor en la columna 13 Tabla C.52.1 bis adjunta en los anexos. Dentro de esta, en las filas del cobre, nos damos cuenta de que para una sección de  $6 \text{ mm}^2$ , el cable es capaz de transportar una corriente de hasta 59 A, muy superior a los 13,04 A que son capaces de generar los paneles fotovoltaicos.

Para la conexión entre paneles y la conexión al inversor se utilizarán conectores MC4, ya que son los que llevan de serie tanto paneles como inversor, la cual es la más común.



Ilustración 21: <https://autosolar.es/accesorios-paneles-solares/conectores-mc4-paneles-solares>.

### 3.3.3.2. Conductores de alterna

Estos cables van desde la salida del inversor hasta la conexión al cuadro de instalación. En esta instalación, el inversor estará situado al lado del cuadro general, por lo que no se tendrá en cuenta la caída de tensión del conductor al tener este muy poca longitud. Aunque se ha calculado la sección, no se ha incluido en el presupuesto.

Las intensidades a la salida de los inversores son: 13 A con una tensión de 230 V para la Configuración A y 10,1 A con una tensión de 400 V para la Configuración B. Si se observa de nuevo en la Tabla C.52.1 bis, para un método de instalación de cables unipolares separados de la pared más de 0,3 veces el diámetro del cable (tipo F), con recubrimiento XLPE, el valor se encuentra en la columna 13. Para una sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>, se obtiene una intensidad admisible de 25 A. Si se repite el procedimiento anterior para la Configuración B, en este caso método de instalación tipo E con recubrimiento XLPE, el valor se encuentra en la columna 10b en la Tabla C.52.1 bis y es de 20 A.

Por lo tanto, se observa que con una sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup> sería suficiente.

### 3.3.4. Protección eléctrica de continua

Según la normativa ITC-BT-22 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, un dispositivo protege contra sobrecargas a un conductor si se verifican las condiciones de la Ecuación 13:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_Z$$

*Ecuación 13: Condiciones protección sobrecargas*

Donde:

- $I_B$ : Es la corriente para la que se ha diseñado el circuito (Se considera 13 A al ser la opción más desfavorable).
- $I_N$ : Es la corriente asignada del dispositivo de protección.
- $I_Z$ : Es la corriente admisible del cable en función del sistema de instalación utilizado siguiendo la norma ITC-BT-19. (59A).
- $I_2$ : Es la corriente que asegura la actuación del dispositivo de protección para un tiempo largo.

El valor de  $I_2$  se puede leer en las especificaciones proporcionadas por el fabricante, en caso de interruptores:

- $I_2 = 1,45 \cdot I_N$  (según UNE EN 60898 o UNE EN 61009).
- $I_2 = 1,30 \cdot I_N$  (según UNE EN 60947-2).

*Ecuación 14: Condiciones protección sobrecargas para tiempo largo*

En el caso de fusibles la característica equivalente a  $I_2$  es la denominada intensidad de funcionamiento ( $I_f$ ) que para los fusibles tipo gG toma los valores siguientes:

- $I_f = 1,60 \cdot I_N$  si  $I_N \geq 16$  A
- $I_f = 1,90 \cdot I_N$  si  $4$  A  $< I_N < 16$  A
- $I_f = 2,10 \cdot I_N$  si  $I_N \leq 4$  A

*Ecuación 15: Condiciones protección sobrecargas para tiempo largo en fusibles*

#### 3.3.4.1. Fusibles

En la instalación los terminales estarán protegidos de sobreintensidades mediante fusibles. En caso de producirse una corriente superior a la permitida, los fusibles abrirán el circuito desconectando la rama afectada de la instalación.

Si se considera una intensidad en el circuito de 13 A, se deberá seleccionar una  $I_N$  del fusible superior para que se cumpla la primera condición de la Ecuación 13.

Se escoge un fusible estándar de 25 A, y considerando las condiciones explicadas en la Ecuación 15, la intensidad de funcionamiento ( $I_f$ ) tendrá un valor de 40 A, con lo cual también se cumple la segunda condición de la Ecuación 13, ya que 40 A < 59 A.

Por lo tanto se instalarán fusibles de 25 A de tipo gPV, que son los fusibles para protección de sobrecargas y cortocircuito específicos para fotovoltaica, e irán colocados en porta fusibles antes de la protección contra sobretensiones.

Se debe tener en cuenta que el inversor a instalar ya incorpora las siguientes protecciones de corriente continua: seccionadores, protección contra polaridad inversa, protección contra sobreintensidades de Tipo II y detección de aislamiento. Estas especificaciones se pueden ver en las fichas técnicas de ambos inversores en los Anexos.

#### 3.3.4.2. Sobretensiones

Para asegurar la protección frente a sobretensiones, se instalará un descargador de sobretensión tipo II (tipo 2 o clase C) después de los fusibles. Esta protección se conecta en paralelo y limita el valor de la tensión para evitar daños por sobretensiones, absorbiendo los posibles picos.

### 3.3.5. Protección eléctrica de alterna

En este apartado se va a tener en consideración el Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. Este especifica que la protección del lado de alterna que tiene conexión a red debe incluir un interruptor de corte general, que también actuará como térmico, y un interruptor automático diferencial. Estos dispositivos se explicarán y dimensionarán a continuación, aunque se contabilizarán en el presupuesto del capítulo de la instalación eléctrica.

El interruptor de corte general que actuará como térmico será dimensionado siguiendo las mismas condiciones que se han usado para el apartado de las protecciones de corriente continua. Este tipo de dispositivos protegen la instalación frente a sobrecargas y cortocircuitos. Se deberán cumplir las condiciones mencionadas en la Ecuación 13, donde ahora los valores serán los siguientes:

#### Configuración A

- $I_B = 13 \text{ A}$
- $I_Z = 25 \text{ A}$
- $I_2 = 1,45 \cdot I_N$

Para que se cumplan las condiciones mencionadas en la Ecuación 13, se instalará un interruptor de corte de 16 A.

Los interruptores diferenciales proporcionan protección a las personas contra descargas eléctricas, tanto en el caso de contactos directos como contactos indirectos. Además, también ofrecen protección a las instalaciones ya que detectan las fugas a tierra midiendo la corriente que circula por los conductores.

La corriente asignada del interruptor diferencial debe ser por lo menos igual a la corriente asignada del interruptor magnetotérmico, aunque es muy recomendable sobre calibrarlo de forma que esta intensidad sea como mínimo de 1,4 veces la del magnetotérmico. Dadas las características de la instalación, se deberá instalar un interruptor diferencial con un toroidal independiente para realizar las mediciones, con una sensibilidad de 300 mA, ya que es el estándar usado en industria. La intensidad asignada al equipo será de 16 A.

Se debe tener en cuenta que el inversor también cuenta con protecciones contra sobreintensidad y con protecciones contra sobretensión del lado de alterna. Estos datos se pueden ver en la ficha técnica del inversor en los *Anexos*.

Las protecciones de alterna deberán ser precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones necesarias del sistema de conmutación y sobre la integración en el equipo generador de las funciones de protección.

### Configuración B

- $I_B = 10,1A$
- $I_Z = 20A$
- $I_2 = 1,45 \cdot I_N$

Para que se cumplan las condiciones de la Ecuación 13, se instalará un interruptor de corte de 16 A como en el caso anterior. Lo mismo sucederá con la protección diferencial.

Debe de tenerse en cuenta que el inversor también cuenta con protecciones contra sobreintensidad y con protecciones contra sobretensión del lado de alterna. Estos datos se pueden ver en la ficha técnica del inversor en los *Anexos*.

#### 3.3.6. Puesta a tierra

En una instalación fotovoltaica con placas solares es importante disponer de una buena puesta a tierra, pues en un sistema con las masas metálicas aisladas de tierra se debe conectar a tierra tanto la parte de continua como la de alterna, con dos tierras diferentes.

La puesta a tierra de continua, mediante el cableado de protección a tierra, conectará los paneles, que disponen de un orificio para su conexión, la estructura que los soporta y las protecciones.

Las secciones de los conductores de protección y de enlace y las características de los electrodos de tierra cumplirán lo prescrito en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión ITC-BT-18.

En este reglamento se especifica que la sección de los conductores de protección se obtendrá conforme a la Tabla 7.

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

*Tabla 7: Secciones del conductor de protección*

Teniendo en cuenta esta tabla, los conductores de protección, al igual que el resto de conductores de continua, tendrán una sección de 6mm<sup>2</sup>. Para estos conductores se utilizará un cableado bicolor, amarillo y verde, aislado al aire libre.

Los conductores de protección deberán unirse al borne principal de tierra, este borne se situará en un lugar accesible dentro de la edificación donde se situará el inversor. A este borne irá conectado el conductor de tierra.

### 3.3.7. Estructura y soporte

Los paneles estarán expuestos a la acción de agentes atmosféricos como el viento, la nieve, la lluvia o el granizo.

La estructura debe ser capaz de soportar adecuadamente el peso de la propia estructura y de los paneles, así como el peso de la nieve en ciertas épocas del año. También deberá aguantar la fuerza producida por el viento sobre los paneles. Por último, al estar situada en contacto directo con el aire y recibir radiación solar, la estructura está sometida a cambios de temperatura, con lo cual debe soportar los ciclos de dilatación-contracción que se producirán y provocarán tensiones térmicas. Estas fuerzas se van a calcular en los siguientes apartados sobre la disposición de paneles de la **Opción 2**: Coplanares con el tejado de la nave. con la finalidad de poder determinar el tipo de estructura que se va a instalar.

#### 3.3.7.1. Acción de la nieve

Para el cálculo del peso de la nieve que puede acumularse sobre las placas fotovoltaicas se va a utilizar el método del “DB-SE-AE Acciones en la edificación” del Código Técnico de la Edificación.

En este caso se va a considerar el peso sobre superficies inclinadas y para su cálculo se utilizará la Ecuación 16.

$$q_N = \mu \cdot s_k$$

*Ecuación 16: Carga de nieve en kN/m<sup>2</sup>.*

Donde:

- $q_N$ : Carga sobre la superficie en proyección horizontal en kN/m<sup>2</sup>.
- $\mu$ : Coeficiente de forma.
- $s_k$ : Valor característico de la carga de nieve. Para su selección, deberá considerarse la zona climática de invierno y la altitud del emplazamiento.



*Ilustración 22: Zonas climáticas de invierno.*

Altitud (m)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	1,2	0,2

Tabla 8: Zonas climáticas invierno.

El emplazamiento está situado en la Zona 5, a una altitud de 709 metros, y por lo que por seguridad se va a utilizar una altitud de 800 metros.

El valor del coeficiente de forma  $\mu$  se considerará 1 en caso de que la inclinación sea inferior a 30º, y 0 en caso de que la inclinación sea superior a 60º. Con lo cual el valor de  $\mu$  será 1. Teniendo en cuenta estos valores, de la Tabla 8 se extrae que la carga de nieve sobre los paneles fotovoltaicos será de 0,7 kN/m<sup>2</sup>.

### 3.3.7.2. Acción del viento

El viento ejerce una presión sobre la superficie y su valor máximo es igual al que habría si toda su energía cinética se convirtiera en presión. La fuerza resultante en la dirección de la velocidad del viento se calculará en este caso con la Ecuación 17

$$F = 0,5 \cdot f \cdot \rho \cdot c^2 \cdot S_n$$

Ecuación 17: Acción del viento en N.

Puede aceptarse que para una superficie plana y orientada hacia el viento vendrá dada por la Ecuación 18, ya que la densidad del aire seco a 0 °C es de 1,29 kg/m<sup>3</sup>.

$$F = 0,65 \cdot c^2 \cdot \sin(\beta) \cdot S$$

Ecuación 18: Acción del viento en N simplificada.

Donde:

- $F$ : es la fuerza en N.
- $c$ : es la velocidad del viento en m/s. En España se suele considerar por lo general una velocidad de 100 km/h o 27,77 m/s.
- $\beta$ : es el ángulo de la superficie con la dirección del viento (11º).
- $S$ : es el área de superficie (1,134 x 2,093 m<sup>2</sup>).

Aplicando la Ecuación 18, se obtiene un valor de  $F$  de 227,01 N. Esta fuerza la deberá transmitir a la cubierta mediante los soportes.

Cargas máximas						
Velocidad del viento (Km/h)	110	130	150	180	210	250
Greca (mm)	Nieve max (Kg/m <sup>2</sup> )					
150	207	199	190	175	156	133
200	142	135	125	110	90	17
250	106	98	89	73	19	No cumple
300	82	74	65	34	No cumple	No cumple

Tabla 9: Cargas máximas admisibles en función de la distancia entre grecas y la velocidad del viento y cargas de nieve.

La cubierta es de panel de doble chapa de acero galvanizado de 0,6 mm de espesor y aislamiento intermedio.

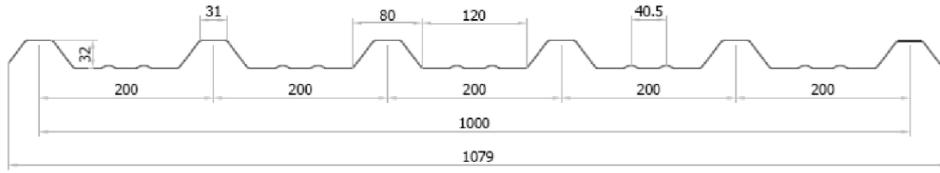


Ilustración 23: Greclas de la cubierta.

### 3.3.7.3. Acciones térmicas

Estas se suelen generar por la dilatación o contracción de la estructura metálica que soporta los paneles. La variación de la longitud viene dada por la Ecuación 19.

$$\Delta L = L \cdot \delta \cdot \Delta T$$

Ecuación 19: Acción térmica, dilatación-contracción.

Donde:

- $\Delta L$ : es la dilatación o contracción producida.
- $L$ : es la longitud del elemento.
- $\delta$ : es el coeficiente de dilatación lineal en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ . Aluminio =  $2,38 \cdot 10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$ .
- $\Delta T$ : Diferencia de temperaturas, máxima en verano y mínima en invierno.

De la fórmula se puede extraer que la mayor dilatación o contracción se producirá en el elemento de la estructura con mayor longitud, es decir a lo largo de la placa, 0,35 metros de longitud.

**SUNFI**

Para M8

30

52

70

Junta de estanqueidad

350

El perfil se fija a la chapa mediante tornillos S42 (2 a cada lado)

Junta de estanqueidad

Tornillería de fijación

Tornillería de fijación

Espesor mínimo de la chapa 0.5 mm

Montaje correcto

Poco apretado

Demasiado apretado

Inclinado

- Válido para cubiertas metálicas.
- Soporte coplanar para anclaje a chapa, en la parte superior de la greca.
- La fijación incluye junta de estanqueidad y tornillos de anclaje autotaladrante con arandela de sellado sin necesidad de pretaladro.
- Válido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm
- Kits disponibles de 1 a 8 módulos.

Viento: Hasta 250 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)

Materiales: Perfilera de aluminio EN AW 6005A T6  
 Tornillería presores: Acero inoxidable A2-70  
 Tornillería fijación: S42 Cincado autotaladrante

Comprobar el buen estado y la capacidad portante de la cubierta antes de cualquier instalación.  
 Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada.

Ilustración 24: Soporte de los paneles fotovoltaicos

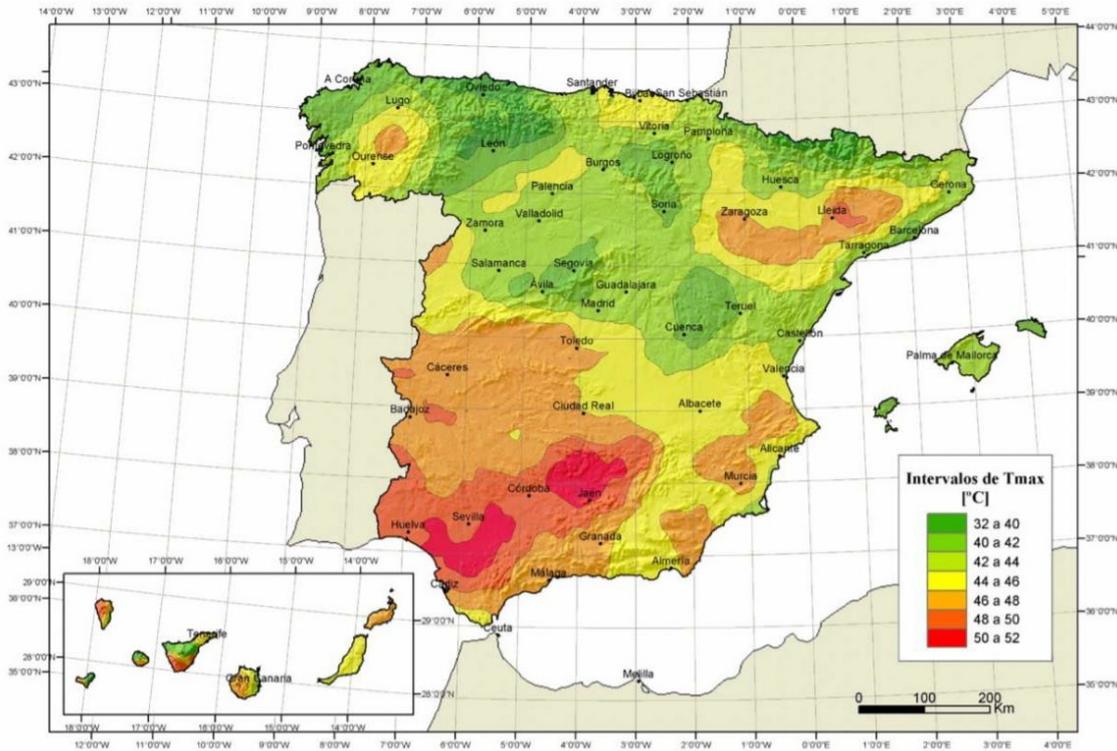


Ilustración 25. Isotermas de temperatura anual máxima.

La localidad se encuentra en la zona 5 (Ilustración 22) de las zonas climáticas de invierno del CTE, y la instalación se sitúa a 709 metros sobre el nivel del mar. Conociendo estos datos se puede buscar en la Tabla 10 el valor de temperatura mínimo, que en este caso será de aproximadamente -17º. La temperatura máxima se puede localizar en la Ilustración 25, que será de 44ºC.

Altitud (m)	Zona 1	Zona 2	Zona 3	Zona 4	Zona 5	Zona 6	Zona 7
600	-15	-16	-15	-12	-14	-11	2
800	-18	-18	-17	-14	-17	-13	0
1000	-20	-20	-19	-16	-20	-14	-2

Tabla 10: Temperatura mínima del aire exterior.

Con los datos de temperaturas máximas y mínimas, aplicando la Ecuación 19, se obtiene que la variación total de longitud del elemento más alargado de la estructura a instalar será de 0,508 mm.

Los paneles se deberán montar sobre una estructura de aluminio capaz de soportar las acciones anteriormente calculadas.

## 4. Energía generada por la instalación

Según la IDAE, el cálculo de generación de energía se calcula con la siguiente ecuación:

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

*Ecuación 20: Energía eléctrica generada.*

Donde:

- $E_p$ : Energía eléctrica generada en kWh, para un día medio.
- $G_{dm}(\alpha\beta)$ : Valor medio mensual de la radiación sobre una superficie orientada con azimut  $\alpha$  e inclinación  $\beta$ , una vez descontadas las pérdidas debidas a sombras, expresada en kWh/(día m<sup>2</sup>)
- $P_{mp}$ : Potencia pico del generador, en kW.
- $PR$ : Rendimiento global de la instalación en %. Tiene en cuenta el rendimiento nominal de la célula, la corrección por temperatura, la eficiencia del equipo inversor y de conexión a la red, el efecto de la suciedad, etc.
- $G_{CEM}$ : 1 kW/m<sup>2</sup>, generación en las condiciones estándar de medición.

El valor de radiación media mensual que llega a una superficie  $G_{dm}(\alpha, \beta)$ , es el área bajo la función de irradiancia solar en cada uno de los meses del año. Para determinarlo en cada uno de ellos se han tenido en cuenta los datos obtenidos del PVGIS.

Aunque se valora darle una inclinación de 37° (óptima para la ubicación), se descarta al no ser rentable económicamente. Por lo tanto, los paneles se instalarán coplanares a las aguas de la nave.

	Radiación media mensual día (Wh/(día·m <sup>2</sup> ))	HSP media mensual día (Wh/(día·m <sup>2</sup> ))
<b>Enero</b>	2193	2,2
<b>Febrero</b>	3125	3,1
<b>Marzo</b>	4138	4,1
<b>Abril</b>	5151	5,2
<b>Mayo</b>	6063	6,1
<b>Junio</b>	6761	6,8
<b>Julio</b>	7105	7,1
<b>Agosto</b>	6121	6,1
<b>Septiembre</b>	4803	4,8
<b>Octubre</b>	3563	3,6
<b>Noviembre</b>	2402	2,4
<b>Diciembre</b>	2051	2,1

*Tabla 11: Valores de irradiancia*

En los *Anexos*, se podrán observar las curvas de irradiancia mensuales en la ubicación de la nave. A continuación, en el Gráfico 2 se muestra la curva de irradiancia horaria para el mes de julio.

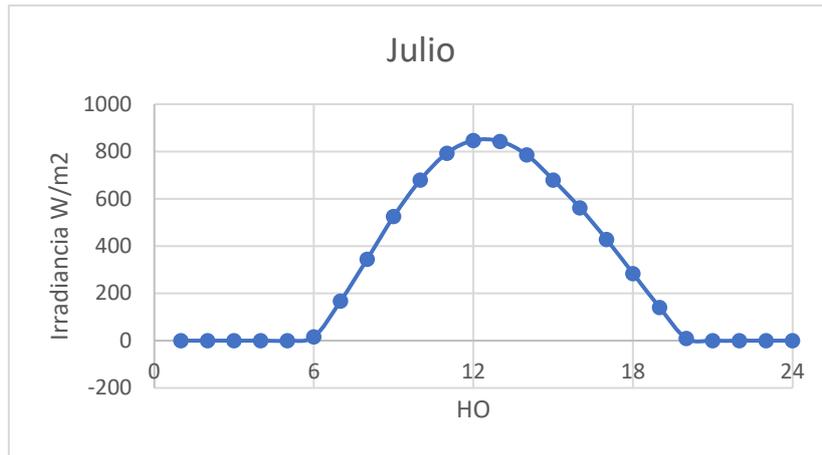


Gráfico 2: Irradiancia horaria para el mes de julio

Otra variable a tener en cuenta, es la potencia pico del generador, que en este caso de 500 W. A continuación, se adjunta la Tabla 12 con las características de los paneles que se van a instalar.

TYPE	JAM66S30 -500/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	500
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.59
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	38.35
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.93
Maximum Power Current(Imp) [A]	13.04
Module Efficiency [%]	21.1
Power Tolerance	
Temperature Coefficient of Isc( $\alpha_{Isc}$ )	
Temperature Coefficient of Voc( $\beta_{Voc}$ )	
Temperature Coefficient of Pmax( $\gamma_{Pmp}$ )	
STC	

Tabla 12: Características del panel

Por último, falta obtener el rendimiento global de la instalación, donde se deben tener en cuenta los siguientes rendimientos y parámetros. Para que los cálculos sean más conservadores y que la instalación no quede infra dimensionada, se ha aplicado un factor de seguridad que afectará al rendimiento global. Tal y como puede observarse en la Tabla 13 los rendimientos son:

Rendimientos de la instalación	%
Corrección por temperatura	93
Rendimiento del equipo inversor	98
Eficiencia de conexión a red	98
Efecto de la suciedad	97
Factor de seguridad	95
<b>Total</b>	<b>82,3</b>

Tabla 13: Rendimiento global de la instalación

La corrección de temperatura se obtiene de la ficha de características del panel, Tabla 14, teniendo en cuenta que los 44°C de temperatura máxima que se han tenido en cuenta en el apartado del cálculo de esfuerzos de los soportes. Es decir, la temperatura podría aumentar unos 20°C sobre la temperatura a la que se han hecho los ensayos.

Temperature Coefficient of Pmax( $\gamma_{Pmp}$ )	-0.350%/°C
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G

Tabla 14: Corrección por temperatura

Para los rendimientos de la eficiencia de conexión a red y el efecto de suciedad sobre las placas, se ha considerado que esta contará con un buen mantenimiento.

Como se ha comentado en apartados anteriores, se han diseñado dos configuraciones:

#### 4.3.1. Configuración A

Esta configuración consiste en 5 paneles de 500W conectados en serie. La generación de estos paneles puede observarse en la Tabla 15:

Mes	kWh/año
Enero	139,9
Febrero	180,0
Marzo	263,9
Abril	317,9
Mayo	386,7
Junio	417,3
Julio	453,2
Agosto	390,4
Septiembre	296,4
Octubre	227,3
Noviembre	148,3
Diciembre	130,8

Tabla 15: Generación mensual Configuración A

La potencia pico del generador, resultante de la suma de todos los paneles fotovoltaicos de la instalación, es de 2,5 kW.

#### 4.3.2. Configuración B

Mes	kWh/año
Enero	391,7
Febrero	504,1
Marzo	739,0
Abril	890,2
Mayo	1082,9
Junio	1168,5
Julio	1268,9
Agosto	1093,1
Septiembre	830,0
Octubre	636,4
Noviembre	415,1
Diciembre	366,2

Tabla 16: Generación mensual Configuración B

Esta configuración consiste en 14 paneles de 500 W conectados en serie, los cuales generan la energía que aparece en la Tabla 15. La potencia pico del generador, resultante de la suma de todos los paneles fotovoltaicos de la instalación, es en este caso de 7,0 kW.

## 5. Presupuesto

En este apartado se va a determinar el presupuesto total del material, equipos e instalación necesarios para la ejecución de este proyecto. En el apartado de estado de mediciones y presupuesto se puede ver en detalle de este apartado.

Al tener dos configuraciones de placas, se van a realizar un presupuesto para cada configuración.

### 6.1. Configuración A

#### 6.1.1. Presupuesto material

Descripción	Precio unitario	Unidades	Total
Panel JAM66S30-500/MR	141,30 €	5	706,50 €
Inversor FRONIUS PRIMO (3.0-1)	1.096,83 €	1	1.096,83 €
Fusibles gPV 25A (10x38)	6,00 €	2	12,00 €
Porta fusibles 10x38	6,40 €	2	12,80 €
Estructura soporte	27,80 €	5	139,00 €
Conector MC4	3,06 €	10	30,6 €
Cable TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K 6mm	1,4 €	66	92,40 €
Protector Sobretensiones CC Fotovoltaico	57,85 €	1	57,85 €
Fronius Smart Meter Monofásico TS 100A	143,97 €	1	143,97 €
			<b>2.291,95 €</b>

#### 6.1.2. Presupuesto instalación

Descripción	Trabajadores	Precio / día	Días	Total
Instalación paneles	2	190 €	1	380 €
Puesta en marcha	1	210 €	0,5	105 €
				<b>485 €</b>

#### 6.1.3. Presupuesto total

Descripción	Total
<b>Total Material</b>	2.291,95 €
<b>Total Instalación</b>	485,00 €
	<b>Total</b>
	2.776,95 €
<b>Gastos Generales - 7%</b>	194,37 €
	<b>Total</b>
	2.971,34 €
<b>Beneficio Industrial - 1%</b>	29,71 €
	<b>Total</b>
	3.001,05 €
<b>IVA - 21%</b>	630,22 €
	<b>Total</b>
	<b>3.631,27 €</b>

El presupuesto total del proyecto asciende a **TRES MIL SEISCIENTOS TREINTA Y UN EUROS CON VEINTISIETE CÉNTIMOS DE EURO.**

## 6.2. Configuración B

### 6.2.1. Presupuesto material

Descripción	Precio unitario	Unidades	Total
Panel JAM66S30-500/MR	141,3 €	14	1978,2 €
Inversor FRONIUS SYMO (7.0-3M)	1.889,33 €	1	1.889,33 €
Fusibles gPV 25A (10x38)	6 €	2	12 €
Porta fusibles 10x38	6,4 €	2	12,8 €
Estructura soporte	27,8 €	14	389,2 €
Conector MC4	3,06 €	28	85,68 €
Cable TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K 6mm	1,4 €	102	142,8 €
Protector Sobretensiones CC Fotovoltaico	57,85 €	1	57,85 €
Fronius Smart Meter Trifásico TS 65A	296,27 €	1	296,27 €
			<b>4.864,13 €</b>

### 6.2.2. Presupuesto instalación

Descripción	Trabajadores	Precio / día	Días	Total
Instalación paneles	2	190 €	2	760
Puesta en marcha	1	210 €	1	210
				<b>970 €</b>

### 6.2.3. Presupuesto total

Descripción	Total
<b>Total Material</b>	4.864,13€
<b>Total Instalación</b>	970,00 €
<b>Total</b>	5.834,13 €
<b>Gastos Generales - 7%</b>	408,39 €
<b>Total</b>	6.242,52 €
<b>Beneficio Industrial - 1%</b>	62,43 €
<b>Total</b>	6.304,94 €
<b>IVA - 21%</b>	1.324,04 €
<b>Total</b>	<b>7.628,98 €</b>

El presupuesto total del proyecto asciende a **SIETE MIL SEISCIENTOS VEINTIOCHO EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS DE EURO.**

## 7. Análisis económico

En este apartado, se calculará la rentabilidad en función del número paneles instalados. Esto será importante para decidir en el próximo apartado la solución elegida.

Para analizar la opción más interesante económicamente, se debe analizar el consumo del cliente, la energía generada por los paneles, coste o beneficio de la compra o venta de la energía, y el coste de la instalación fotovoltaica.

En primer lugar, se han extraído los consumos de la lectura del contador de una nave de la misma empresa, que tiene el mismo uso, y unas dimensiones similares. Por ello, estos consumos se han duplicado a modo de prever el consumo que tendrá el cliente.

Los consumos mensuales de la instalación, una vez ya doblados, son los que pueden observarse en la Tabla 17.

Fecha inicio	Fecha fin	Consumo total (en kWh)
30/11/2022	31/12/2022	910
31/10/2022	30/11/2022	776
30/09/2022	31/10/2022	711
31/08/2022	30/09/2022	725
31/07/2022	31/08/2022	1.203
30/06/2022	31/07/2022	1.182
31/05/2022	30/06/2022	917
30/04/2022	31/05/2022	727
31/03/2022	30/04/2022	783
28/02/2022	31/03/2022	581
31/01/2022	28/02/2022	676
31/12/2021	31/01/2022	921

Tabla 17: Consumos instalación referencia

Para realizar los cálculos, se han calculado el consumo de un día medio para cada mes. Por ejemplo, la curva de consumo promedio del mes de febrero, es la que aparece en el siguiente gráfico (Gráfico 3: Curva de consumo promedio mes de febrero)

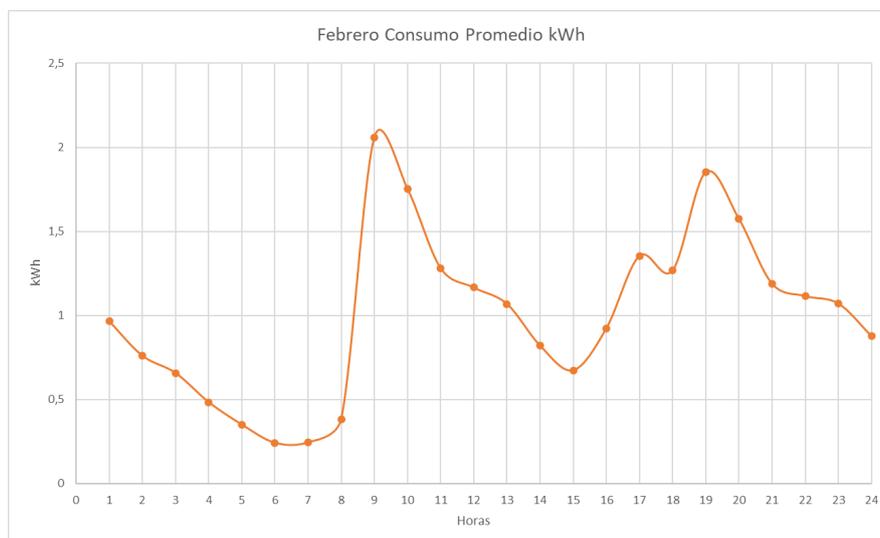


Gráfico 3: Curva de consumo promedio mes de febrero

En el apartado de los Anexos se pueden encontrar las curvas para cada mes.

En segundo lugar, se calcula la generación de energía eléctrica en función de los paneles instalados. Por otro lado, se ha configurado la hoja *Excel* para que el coste de la instalación sea variable en función de los equipos a instalar.

Por último, se han descargado los precios horarios desde Red Eléctrica de España, la cual ofrece en su web [esios.ree.es](http://esios.ree.es). El precio con el que se va a ser compensado en caso de tener excedentes, será el mismo que se establece para tarifas de autoconsumo con tarifas PVPC. En caso de consumo de la red, se ha seleccionado para los cálculos el término de facturación de energía activa del PVPC 2.0TD península.

A continuación, se muestra la factura eléctrica mensual y el total anual que se tendría en función del número de paneles instalados (Tabla 18, Tabla 19, Tabla 20 y Tabla 21).

Mes (kwh)	1	2	3	4	5	6	7	8	
1. Enero	133,86 €	130,08 €	126,30 €	122,52 €	118,74 €	114,96 €	111,36 €	107,78 €	104,19 €
2. Febrero	141,74 €	134,59 €	127,43 €	120,27 €	113,12 €	106,54 €	100,43 €	94,96 €	89,64 €
3. Marzo	94,58 €	87,10 €	79,63 €	72,41 €	66,17 €	61,60 €	57,06 €	52,82 €	48,63 €
4. Abril	111,02 €	103,41 €	95,81 €	88,43 €	82,39 €	77,91 €	73,45 €	69,32 €	65,22 €
5. Mayo	192,91 €	173,25 €	153,60 €	135,24 €	119,43 €	104,48 €	90,14 €	76,01 €	62,02 €
6. Junio	271,21 €	248,14 €	225,07 €	203,02 €	185,25 €	169,44 €	154,39 €	139,80 €	125,58 €
7. Julio	395,81 €	367,24 €	338,66 €	310,09 €	287,65 €	269,62 €	253,43 €	237,90 €	222,98 €
8. Agosto	487,38 €	459,58 €	431,78 €	405,01 €	384,76 €	367,88 €	351,56 €	337,29 €	323,62 €
9. Septiembre	235,06 €	218,13 €	201,20 €	185,61 €	173,81 €	163,65 €	153,75 €	144,41 €	135,14 €
10. Octubre	169,22 €	159,43 €	149,63 €	139,84 €	130,90 €	124,32 €	117,77 €	111,80 €	105,98 €
11. Noviembre	161,26 €	155,69 €	150,11 €	144,54 €	138,99 €	133,62 €	128,72 €	124,89 €	121,28 €
12. Diciembre	198,44 €	192,97 €	187,49 €	182,02 €	176,54 €	171,06 €	165,59 €	160,11 €	154,83 €
Total año (€)	2.592,50 €	2.429,60 €	2.266,71 €	2.108,98 €	1.977,75 €	1.865,07 €	1.757,66 €	1.657,09 €	1.559,11 €

Tabla 18: Factura eléctrica en función del número de paneles (1/4)

Mes (kwh)	Numero de paneles								
	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1. Enero	101,09 €	98,46 €	96,05 €	93,66 €	91,58 €	89,58 €	87,63 €	85,68 €	83,74 €
2. Febrero	84,80 €	79,96 €	75,13 €	70,29 €	65,45 €	60,62 €	55,78 €	51,10 €	46,46 €
3. Marzo	44,59 €	40,75 €	36,95 €	33,15 €	29,35 €	25,55 €	21,75 €	17,95 €	14,15 €
4. Abril	61,18 €	57,39 €	53,60 €	50,00 €	46,49 €	43,01 €	39,55 €	36,08 €	32,62 €
5. Mayo	48,13 €	34,25 €	20,41 €	6,72 €	-6,97 €	-20,66 €	-34,35 €	-48,04 €	-61,73 €
6. Junio	111,45 €	97,32 €	83,33 €	69,50 €	55,89 €	42,35 €	28,81 €	15,27 €	1,73 €
7. Julio	208,82 €	195,00 €	181,18 €	167,36 €	153,55 €	140,42 €	127,60 €	114,78 €	101,97 €
8. Agosto	310,11 €	297,27 €	284,42 €	272,43 €	260,53 €	248,64 €	236,74 €	224,85 €	213,13 €
9. Septiembre	126,84 €	118,77 €	110,73 €	103,05 €	95,38 €	87,70 €	80,03 €	72,35 €	64,68 €
10. Octubre	100,17 €	94,35 €	88,53 €	82,72 €	76,96 €	71,25 €	65,61 €	60,36 €	55,11 €
11. Noviembre	117,67 €	114,06 €	110,59 €	107,22 €	103,95 €	100,68 €	97,41 €	94,14 €	90,87 €
12. Diciembre	150,34 €	146,85 €	143,84 €	140,82 €	137,81 €	134,80 €	131,78 €	128,77 €	125,76 €
Total año (€)	1.465,19 €	1.374,43 €	1.284,77 €	1.196,93 €	1.109,97 €	1.023,94 €	938,35 €	853,30 €	768,47 €

Tabla 19: Factura eléctrica en función del número de paneles (2/4)

Mes (kwh)	Numero de paneles								
	18	19	20	21	22	23	24	25	
1. Enero	81,79 €	79,84 €	77,89 €	75,94 €	73,99 €	72,04 €	70,10 €	68,15 €	
2. Febrero	41,82 €	37,18 €	32,54 €	27,93 €	23,39 €	18,86 €	14,33 €	9,80 €	
3. Marzo	10,35 €	6,55 €	2,75 €	-1,05 €	-4,71 €	-8,42 €	-12,13 €	-15,84 €	
4. Abril	29,25 €	25,89 €	22,54 €	19,18 €	15,83 €	12,47 €	9,11 €	5,76 €	
5. Mayo	-75,42 €	-89,11 €	-102,80 €	-116,49 €	-130,18 €	-143,87 €	-157,56 €	-171,25 €	
6. Junio	-11,81 €	-25,35 €	-38,89 €	-52,43 €	-65,89 €	-79,22 €	-92,55 €	-105,89 €	
7. Julio	89,15 €	76,33 €	63,51 €	50,69 €	37,87 €	25,06 €	12,24 €	-0,58 €	
8. Agosto	201,74 €	190,35 €	179,30 €	168,28 €	157,26 €	146,24 €	135,23 €	124,21 €	
9. Septiembre	57,00 €	49,33 €	41,65 €	33,98 €	26,30 €	18,63 €	10,95 €	3,27 €	
10. Octubre	49,86 €	44,61 €	39,35 €	34,10 €	28,85 €	23,60 €	18,35 €	13,10 €	
11. Noviembre	87,60 €	84,33 €	81,06 €	77,79 €	74,52 €	71,25 €	67,98 €	64,72 €	
12. Diciembre	122,74 €	119,79 €	117,04 €	114,29 €	111,70 €	109,11 €	106,52 €	103,93 €	
Total año (€)	684,07 €	599,73 €	515,94 €	432,21 €	348,94 €	265,75 €	182,55 €	99,36 €	

Tabla 20: Factura eléctrica en función del número de paneles (3/4)

Mes (kwh)	26	27	28	29	30	31	32
1. Enero	66,20 €	64,30 €	62,49 €	60,69 €	58,89 €	57,09 €	55,29 €
2. Febrero	5,26 €	0,73 €	-3,80 €	-8,34 €	-12,87 €	-17,40 €	-21,94 €
3. Marzo	-19,55 €	-23,26 €	-26,97 €	-30,68 €	-34,39 €	-38,10 €	-41,81 €
4. Abril	2,40 €	-0,96 €	-4,31 €	-7,67 €	-11,02 €	-14,38 €	-17,74 €
5. Mayo	-184,94 €	-198,61 €	-212,18 €	-225,75 €	-239,33 €	-252,90 €	-266,48 €
6. Junio	-119,22 €	-132,55 €	-145,88 €	-159,22 €	-172,55 €	-185,88 €	-199,21 €
7. Julio	-13,40 €	-26,22 €	-38,82 €	-51,31 €	-63,81 €	-76,30 €	-88,79 €
8. Agosto	113,19 €	102,17 €	91,16 €	80,14 €	69,12 €	58,10 €	47,09 €
9. Septiembre	-4,40 €	-12,08 €	-19,75 €	-26,57 €	-33,99 €	-41,41 €	-48,84 €
10. Octubre	7,85 €	2,59 €	-2,66 €	-7,91 €	-13,16 €	-18,41 €	-23,66 €
11. Noviembre	61,45 €	58,18 €	54,91 €	51,67 €	48,53 €	45,39 €	42,25 €
12. Diciembre	101,34 €	98,75 €	96,16 €	93,57 €	90,98 €	88,39 €	85,80 €
Total año (€)	16,17 €	-66,95 €	-149,67 €	-231,38 €	-313,60 €	-395,82 €	-478,04 €

Tabla 21: Factura eléctrica en función del número de paneles (4/4)

Como puede observarse en la Tabla 21, no es hasta a partir de la instalación de 26 paneles fotovoltaicos cuando el cliente compensaría completamente su factura eléctrica.

Sin embargo, ello no quiere decir que sea el número óptimo de paneles a instalar. A continuación, se va a calcular el período de retorno simple de la inversión (PB) que permite ver el tiempo que se tarda a recuperar el capital invertido.

#### 7.1. Período de retorno de la inversión simple

El tiempo de retorno de la inversión es el tiempo que se tarda en recuperar el capital invertido mediante la acumulación del ahorro anual, sin tener en cuenta la variación del precio del dinero, precio de la energía, etc. Este se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$PB = \frac{\text{Coste neto}}{\text{Beneficio anual neto}}$$

Ecuación 21: Período de retorno.

Aplicando esta ecuación, se obtiene un periodo de retorno mínimo de 4,99 años, la cual se obtiene para un número de 5 paneles instalados, que como ya se había comentado anteriormente, es el número de paneles de la Configuración A.

Para la Configuración B, la cual consta de 14 paneles, y cuyo periodo de retorno de la inversión es de 4,86 años.

#### 7.2. Período de retorno de la inversión actualizado

A diferencia del apartado anterior, en este caso se tiene en cuenta el índice de actualización del dinero. Esta tasa de actualización  $k$  se mide en tanto por uno, y se calcula con la siguiente ecuación:

$$PBA = \frac{\log(1 - k \cdot \text{Coste neto} / \text{Beneficio neto})}{-\log(1 + k)}$$

Ecuación 22: Período de retorno actualizado.

Considerando una tasa de actualización del 5,42% anual, que es el promedio del último año según el Instituto Nacional de Estadística.

Realizando la ecuación anterior, se obtiene un periodo de retorno de la inversión actualizado para la Configuración A de 5,98 años y de 5,80 años para la Configuración B.

### 7.3. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto de la inversión se puede entender como el dinero que se ha recuperado al cabo de unos años de realizar la inversión. Se calcula como la diferencia entre el valor acumulado del beneficio neto actualizado y el valor de la inversión realizada.

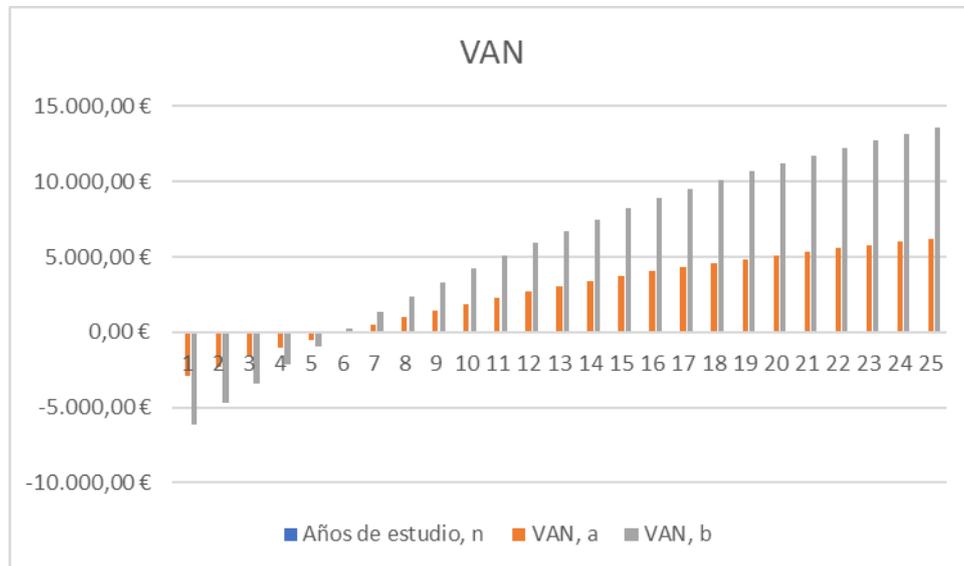
Si su valor es negativo, indica que ha habido pérdida o que no se ha recuperado la inversión inicial. Considerando que el beneficio neto se mantiene constante, se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$VAN = -C + B \cdot r [(1 - r^n)/(1 - r)]$$

*Ecuación 23: VAN.*

donde n es el número de años de estudio de la inversión y  $r = (1+k)^{-1}$ .

A continuación, se observa los resultados obtenidos para ambas configuraciones de paneles, viendo como a partir del sexto año, la Configuración B crece en mayor medida.



*Gráfico 4: VAN en función de la configuración*

<b>Años de estudio, n</b>	<b>VAN, a</b>	<b>VAN, b</b>
<b>1</b>	-2.941,24 €	-6.141,07 €
<b>2</b>	-2.286,69 €	-4.729,65 €
<b>3</b>	-1.665,80 €	-3.390,80 €
<b>4</b>	-1.076,82 €	-2.120,79 €
<b>5</b>	-518,13 €	-916,07 €
<b>6</b>	11,84 €	226,71 €
<b>7</b>	514,56 €	1.310,74 €
<b>8</b>	991,44 €	2.339,03 €
<b>9</b>	1.443,80 €	3.314,45 €
<b>10</b>	1.872,90 €	4.239,73 €
<b>11</b>	2.279,94 €	5.117,43 €
<b>12</b>	2.666,05 €	5.950,01 €
<b>13</b>	3.032,31 €	6.739,78 €
<b>14</b>	3.379,74 €	7.488,95 €
<b>15</b>	3.709,30 €	8.199,60 €
<b>16</b>	4.021,93 €	8.873,71 €
<b>17</b>	4.318,48 €	9.513,16 €
<b>18</b>	4.599,78 €	10.119,74 €
<b>19</b>	4.866,62 €	10.695,13 €
<b>20</b>	5.119,74 €	11.240,94 €
<b>21</b>	5.359,85 €	11.758,69 €
<b>22</b>	5.587,61 €	12.249,82 €
<b>23</b>	5.803,66 €	12.715,69 €
<b>24</b>	6.008,61 €	13.157,62 €
<b>25</b>	6.203,02 €	13.576,82 €

*Tabla 22: Evolución del VAN anual.*

## 8. Justificación propuesta elegida

Tras realizar el análisis económico de ambas configuraciones, se decide instalar la Configuración B, la cual consta de 14 paneles fotovoltaicos instalados en serie, con una potencia de 7kW.

Como se ha observado en el apartado anterior, los periodos de retorno de ambas inversiones son bastante similares, siendo de 4,99 y 4,86 años para la configuración A y B respectivamente. Por lo tanto, la con la configuración escogida se recuperará antes la inversión realizada.

Otro aspecto importante que se ha considerado, es la posibilidad de alimentar el consumo de un cargador trifásico que tendrá la actividad. Este consumo es elevado, por lo que resultará beneficioso para el cliente minimizar el consumo de la red. Con la configuración A no se podía instalar un inversor trifásico, al tener unos valores de tensión muy cercanos al límite de tensión de puesta en servicio.

Además, se observa como el valor actual neto de la inversión también es mayor con esta configuración, aumentando más rápidamente con el paso de los años.

Con lo descrito anteriormente, se elige la Configuración B.

## 9. Conclusiones

El proyecto supondrá una mayor independencia de la factura eléctrica, consumiendo energía renovable que favorecerá a la reducción de emisiones de dióxido de carbono.

En la web del ministerio para la transición ecológica se pueden encontrar los factores de emisión del mix eléctrico de cada una de las comercializadoras en España. Este valor se expresa como las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas a la generación de electricidad que se consume y, por tanto, es un indicador de las fuentes de energía utilizadas para producir dicha electricidad.

El mix eléctrico para todas aquellas comercializadoras que no hayan participado en el Sistema de Garantía de Origen se sitúa en 2020 en 0,25 kg CO<sub>2</sub>/kWh.

Si se tienen en cuenta los datos de energía generada, 9386,2 kWh, se estaría evitando la emisión de 2346,55 kg de CO<sub>2</sub> a la atmósfera anualmente.



# Anexos

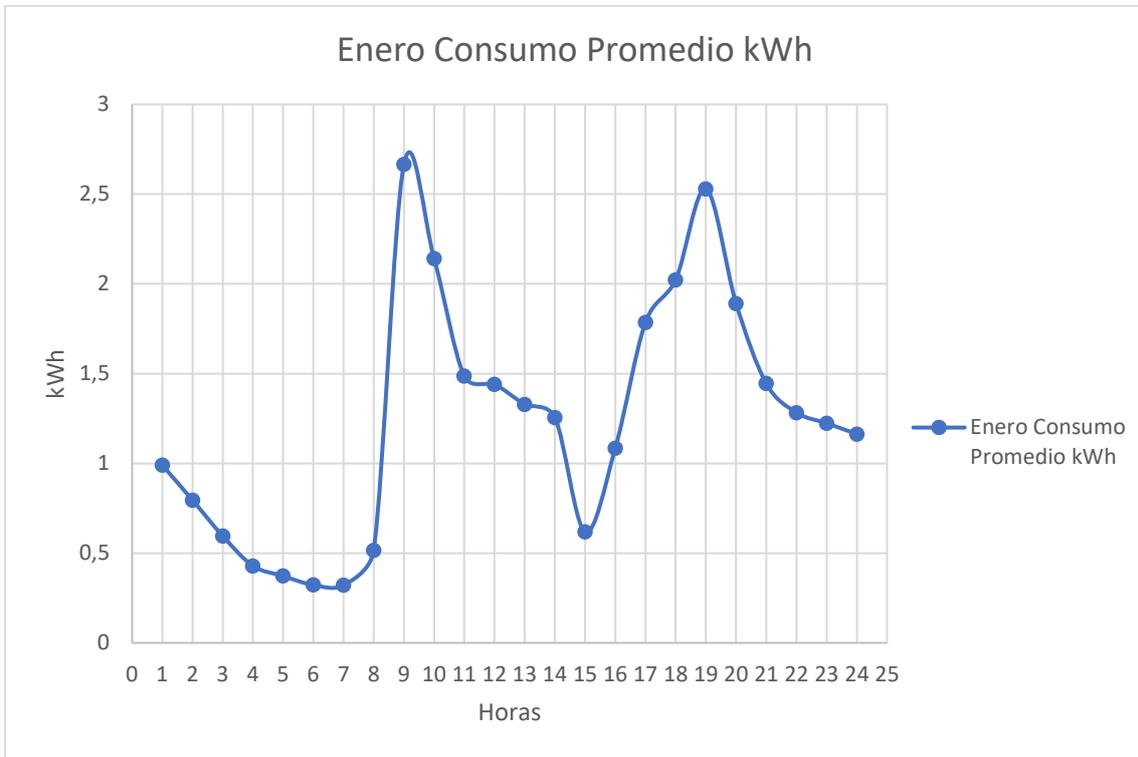
# Índice

1.	Irradiancia.....	58
1.1.	Enero Consumo Promedio kWh.....	58
1.2.	Febrero Consumo Promedio kWh.....	58
1.3.	Marzo Consumo Promedio kWh.....	59
1.4.	Abril Consumo Promedio kWh.....	59
1.5.	Mayo Consumo Promedio kWh.....	60
1.6.	Junio Consumo Promedio kWh.....	60
1.7.	Julio Consumo Promedio kWh.....	61
1.8.	Agosto Consumo Promedio kWh.....	61
1.9.	Septiembre Consumo Promedio kWh.....	62
1.10.	Octubre Consumo Promedio kWh.....	62
1.11.	Noviembre Consumo Promedio kWh.....	63
1.12.	Diciembre Consumo Promedio kWh.....	63
2.	Irradiancia.....	64
2.1.	Enero Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	64
2.2.	Febrero Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	64
2.3.	Marzo Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	65
2.4.	Abril Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	65
2.5.	Mayo Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	66
2.6.	Junio Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	66
2.7.	Julio Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	67
2.8.	Agosto Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	67
2.9.	Septiembre Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	68
2.10.	Octubre Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	68
2.11.	Noviembre Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	69
2.12.	Diciembre Irradiancia Promedio W/m <sup>2</sup> .....	69
3.	Generación.....	70
3.1.	Enero Generación Diaria kWh.....	70
3.2.	Febrero Generación Diaria kWh.....	70
3.3.	Marzo Generación Diaria kWh.....	71
3.4.	Abril Generación Diaria kWh.....	71

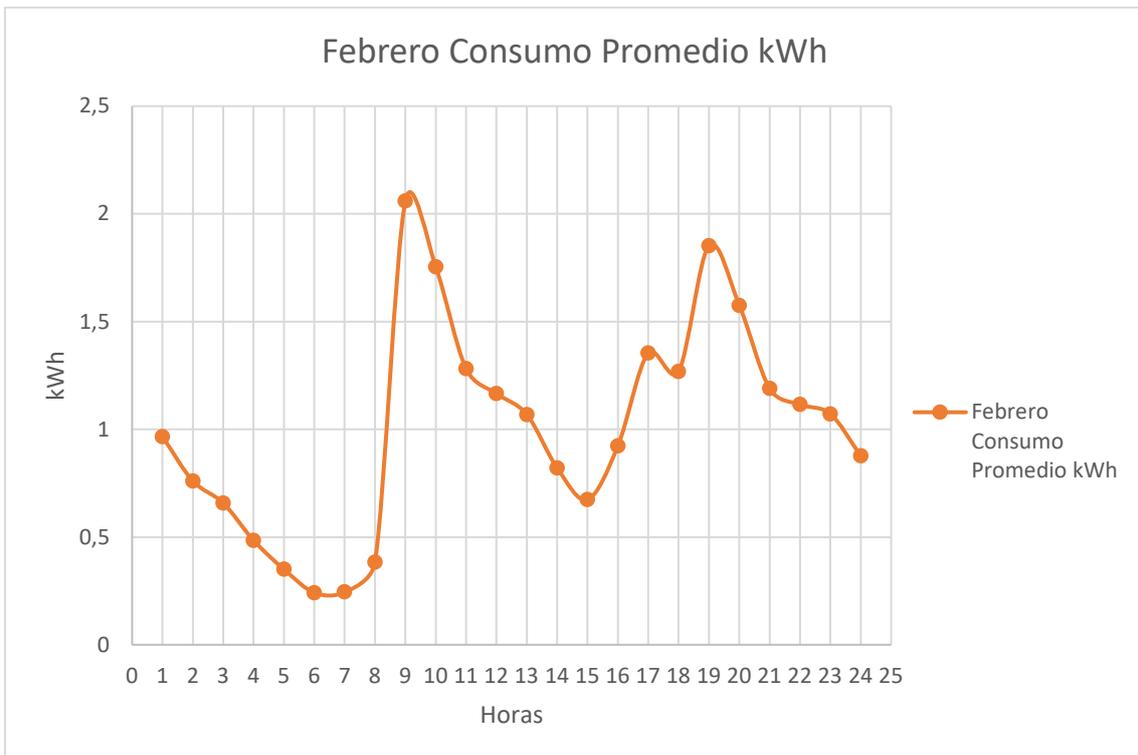
3.5.	Mayo Generación Diaria kWh .....	72
3.6.	Junio Generación Diaria kWh .....	72
3.7.	Julio Generación Diaria kWh .....	73
3.8.	Agosto Generación Diaria kWh .....	73
3.9.	Septiembre Generación Diaria kWh.....	74
3.10.	Octubre Generación Diaria kWh .....	74
3.11.	Noviembre Generación Diaria kWh .....	75
3.12.	Diciembre Generación Diaria kWh.....	75
4.	Fichas técnicas.....	76

# 1. Irradiancia

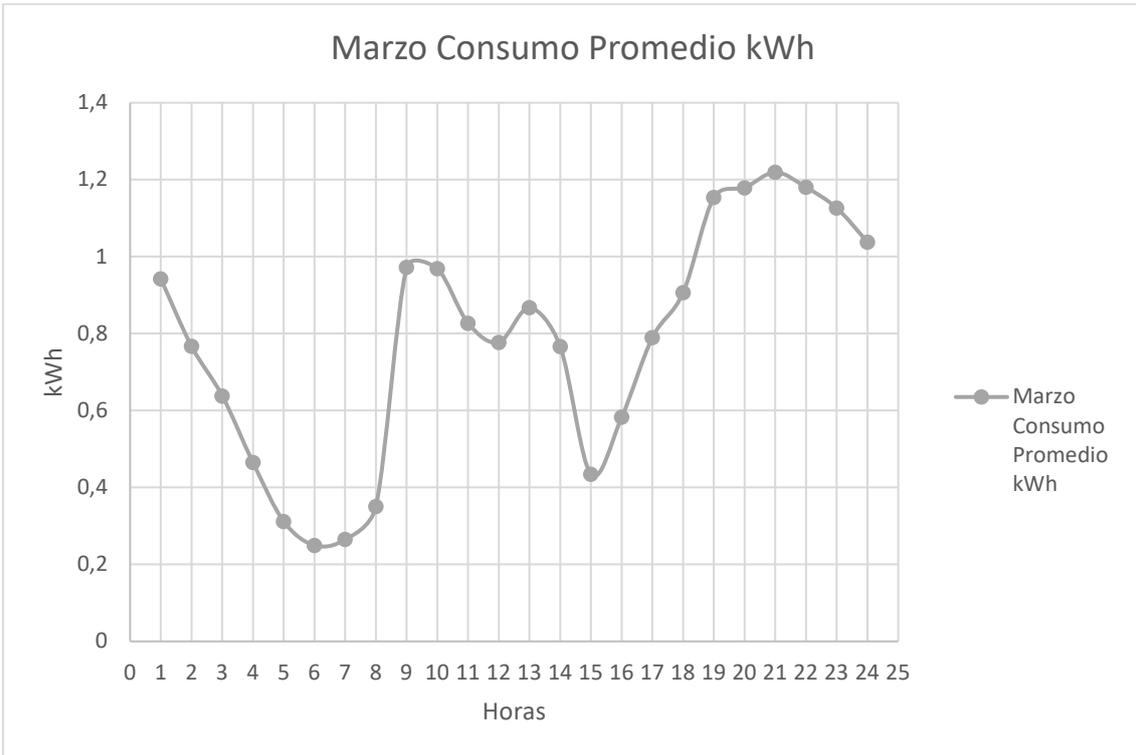
## 1.1. Enero Consumo Promedio kWh



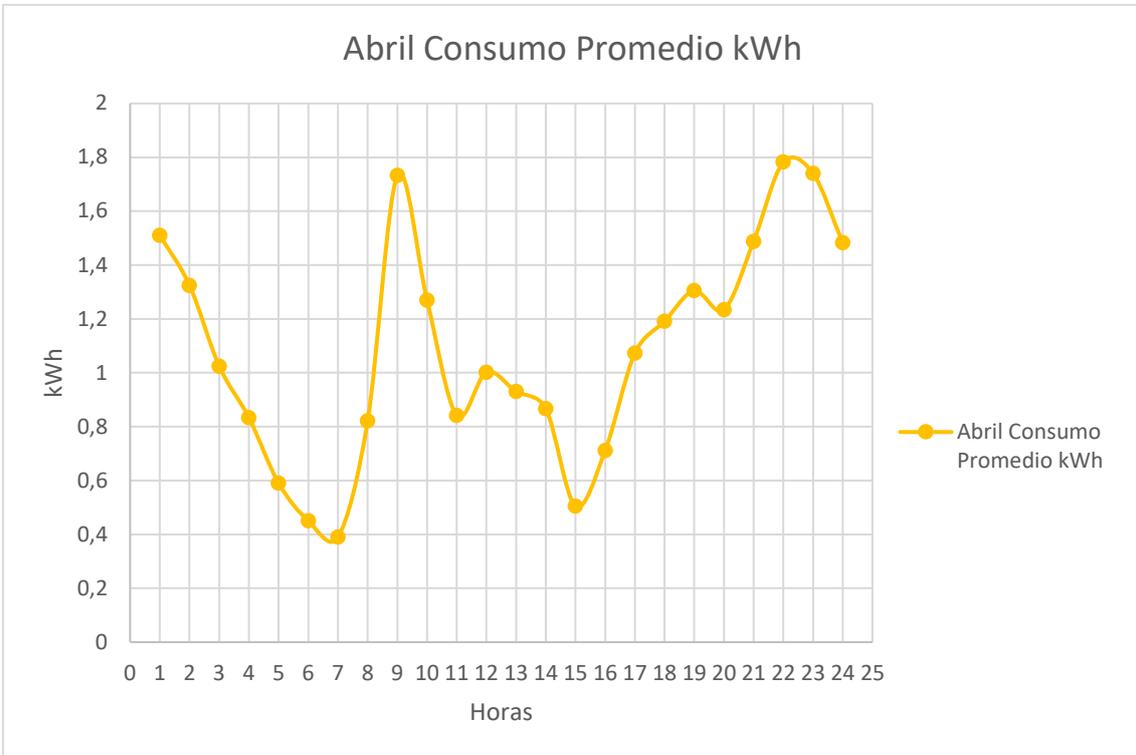
## 1.2. Febrero Consumo Promedio kWh



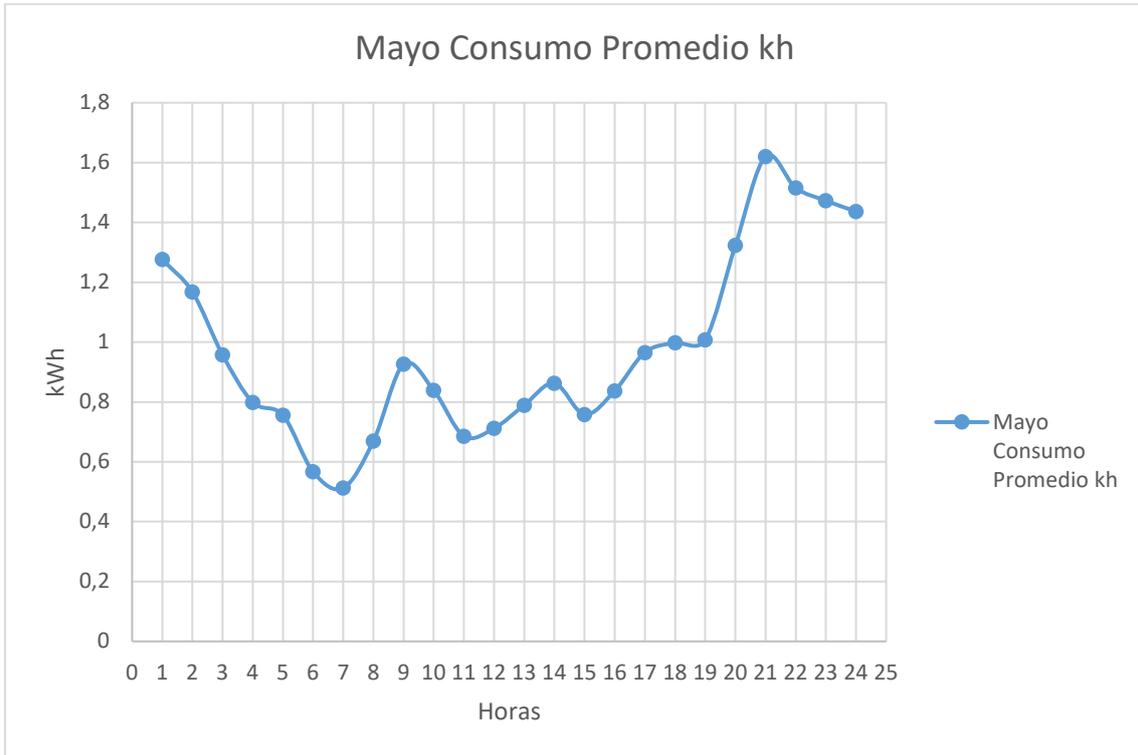
### 1.3. Marzo Consumo Promedio kWh



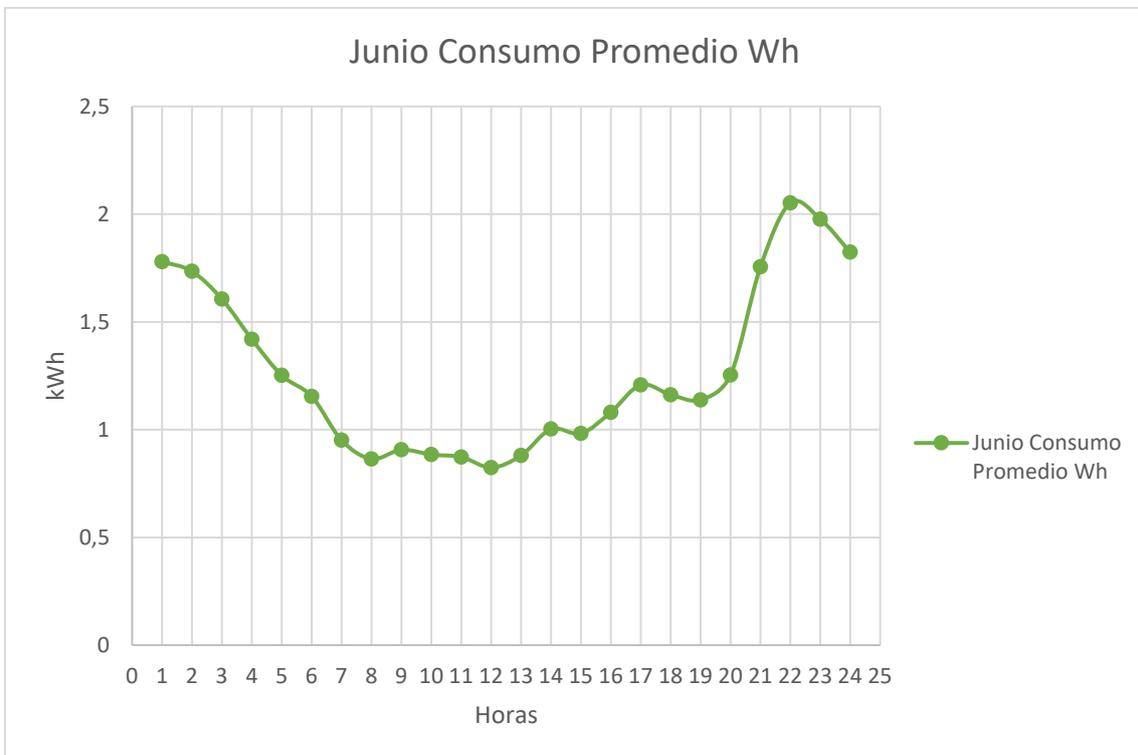
### 1.4. Abril Consumo Promedio kWh



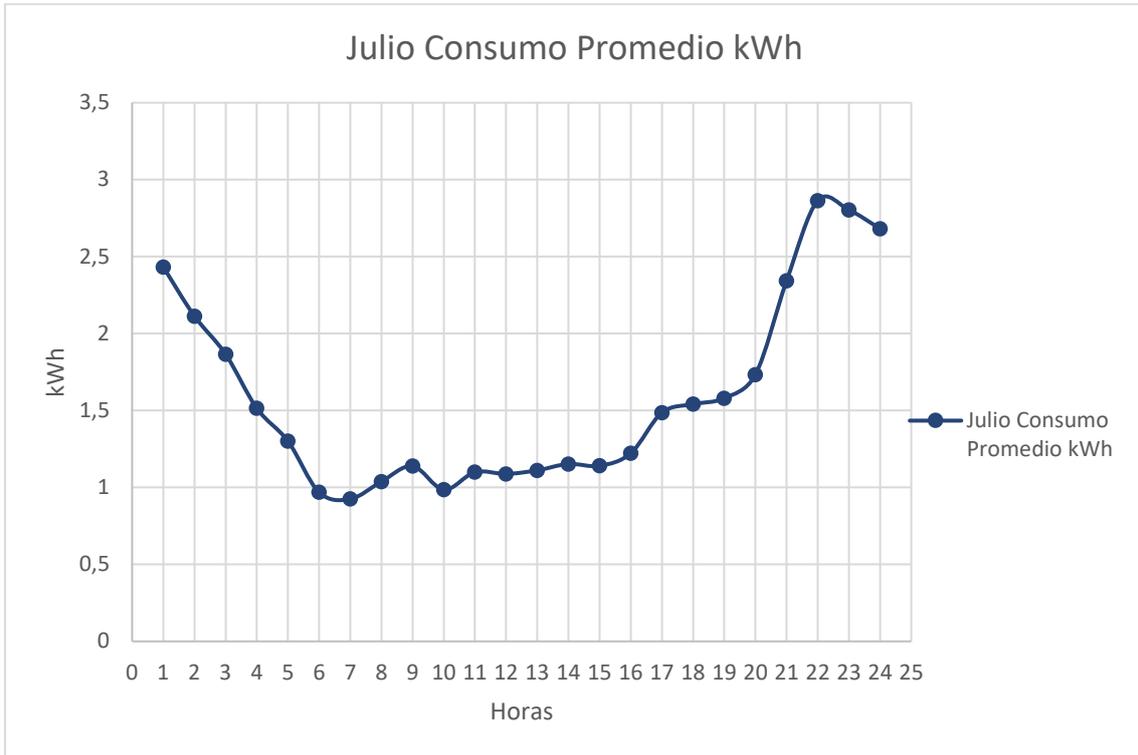
### 1.5. Mayo Consumo Promedio kWh



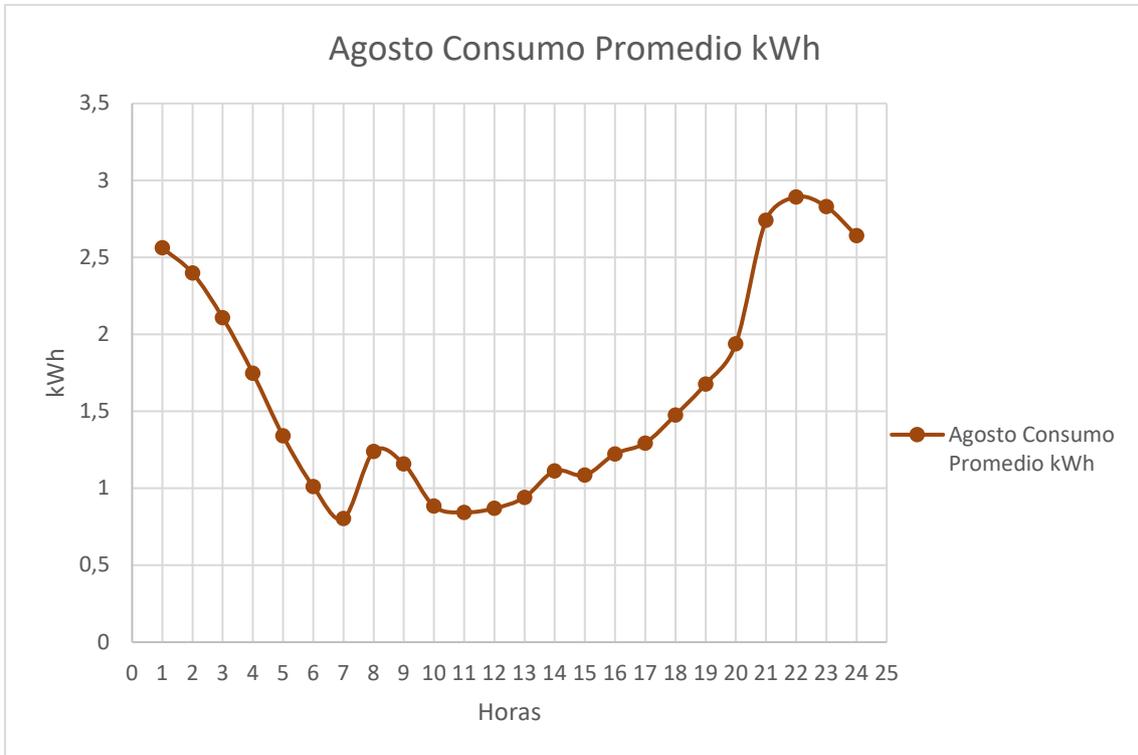
### 1.6. Junio Consumo Promedio kWh



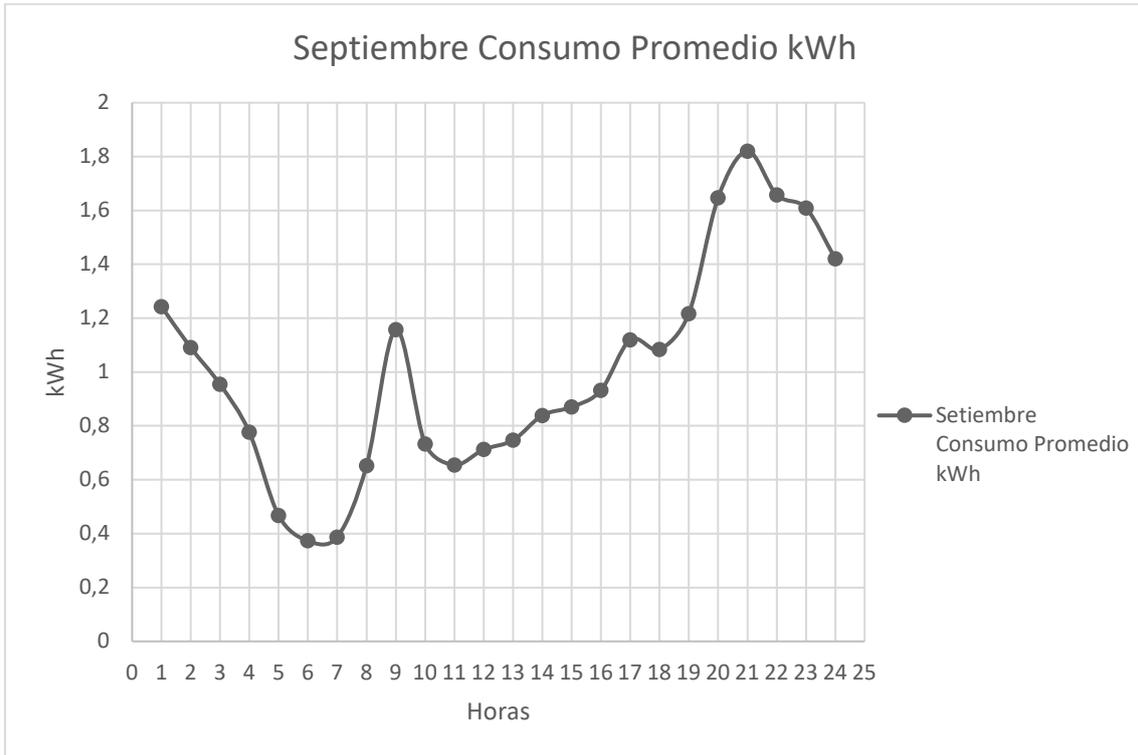
### 1.7. Julio Consumo Promedio kWh



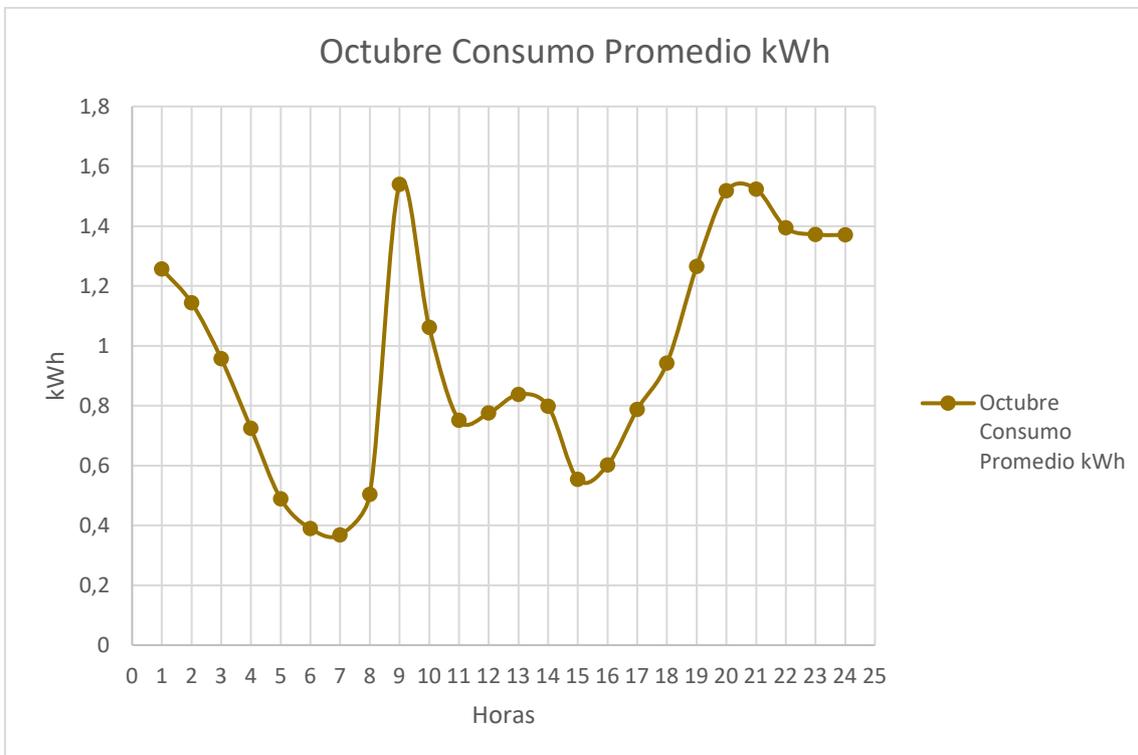
### 1.8. Agosto Consumo Promedio kWh



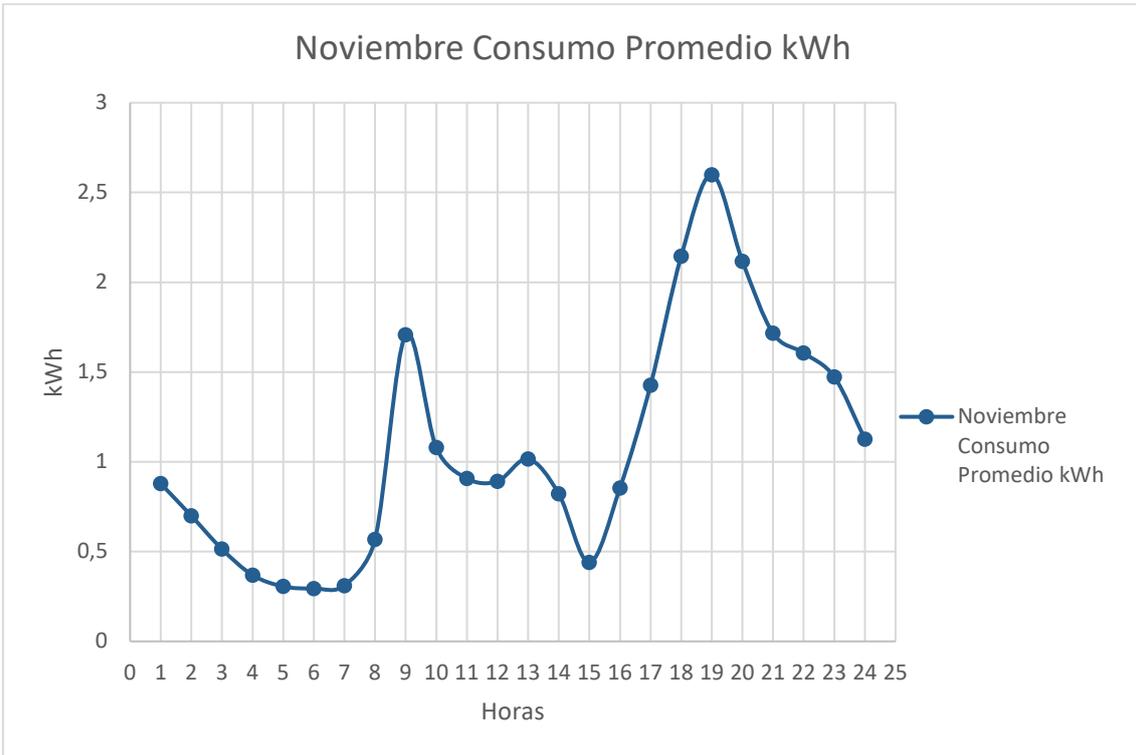
### 1.9. Septiembre Consumo Promedio kWh



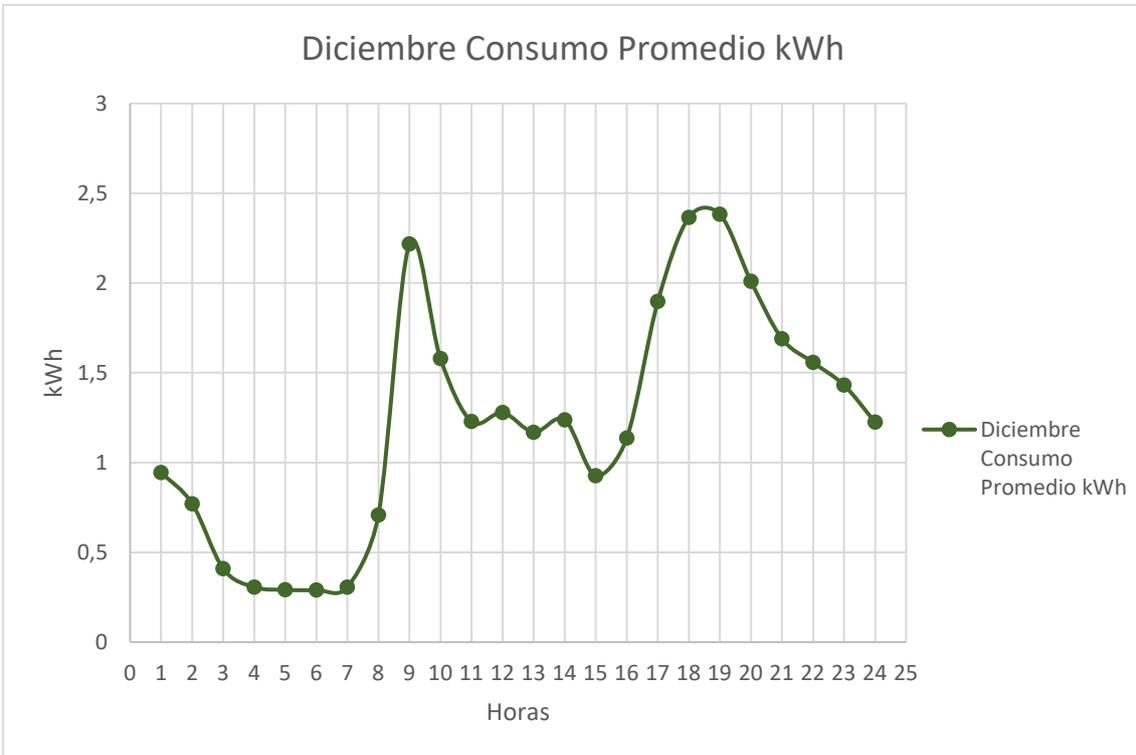
### 1.10. Octubre Consumo Promedio kWh



### 1.11. Noviembre Consumo Promedio kWh



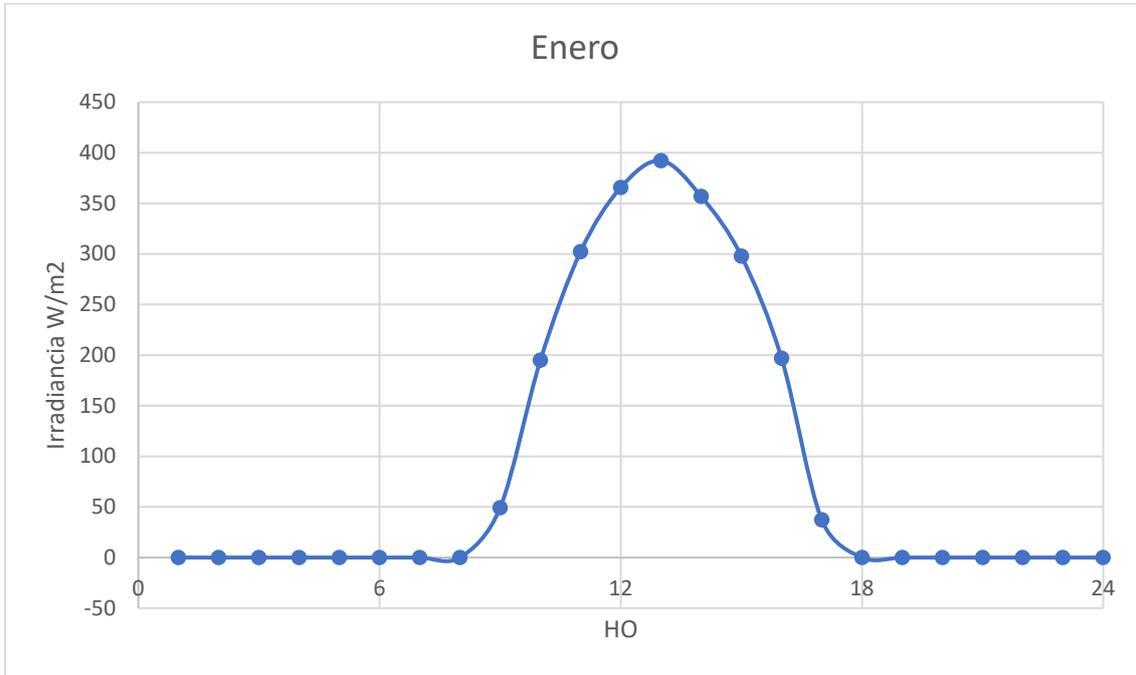
### 1.12. Diciembre Consumo Promedio kWh



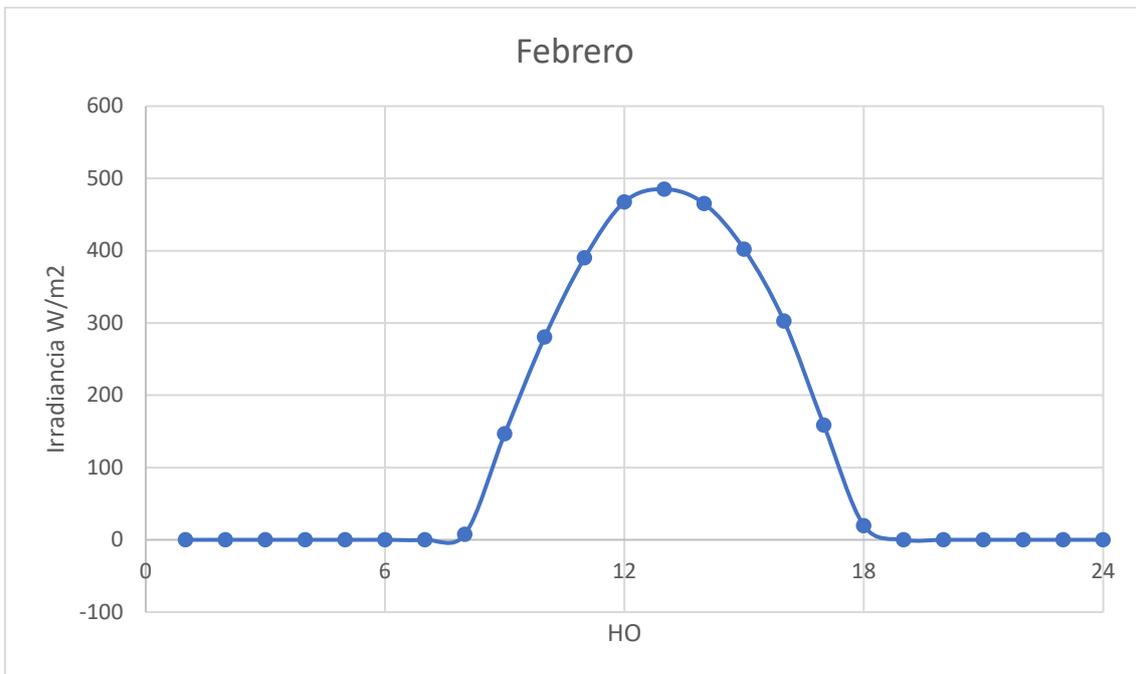
## 2. Irradiancia

Datos de irradiancia coplanares.

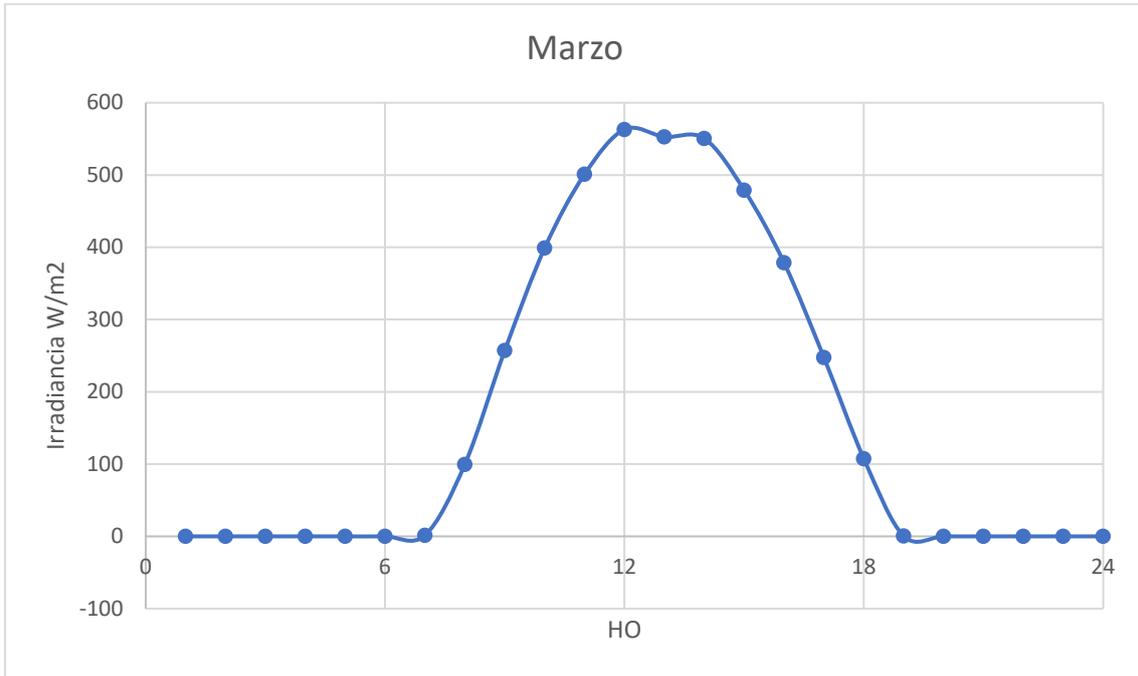
### 2.1. Enero Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



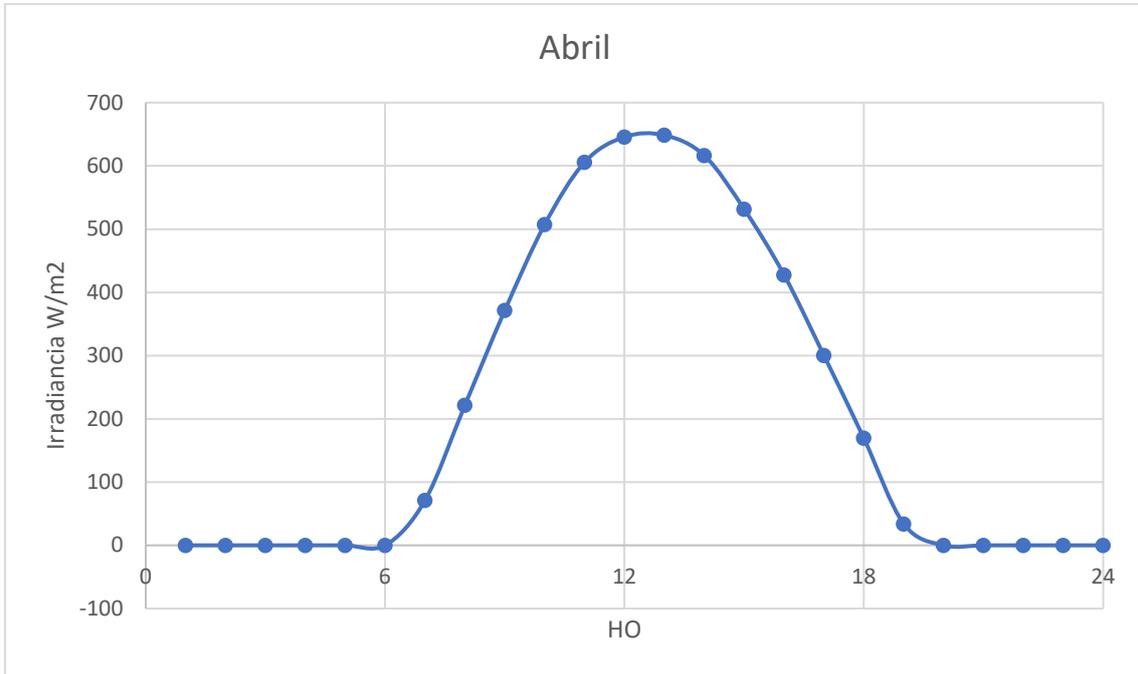
### 2.2. Febrero Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



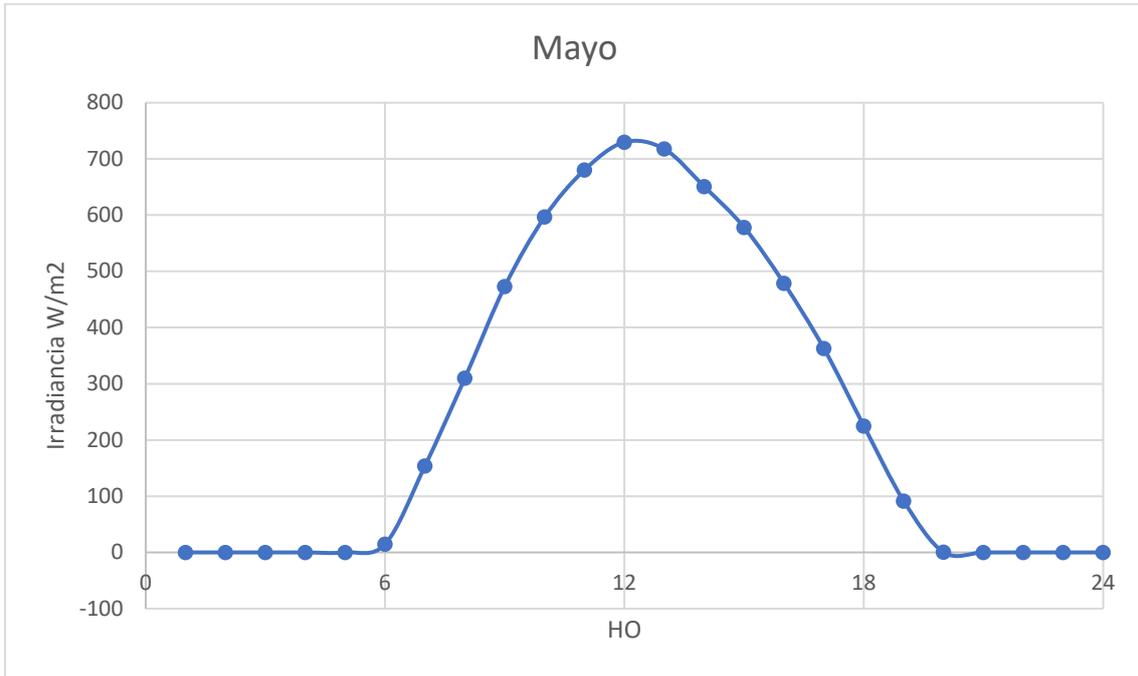
### 2.3. Marzo Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



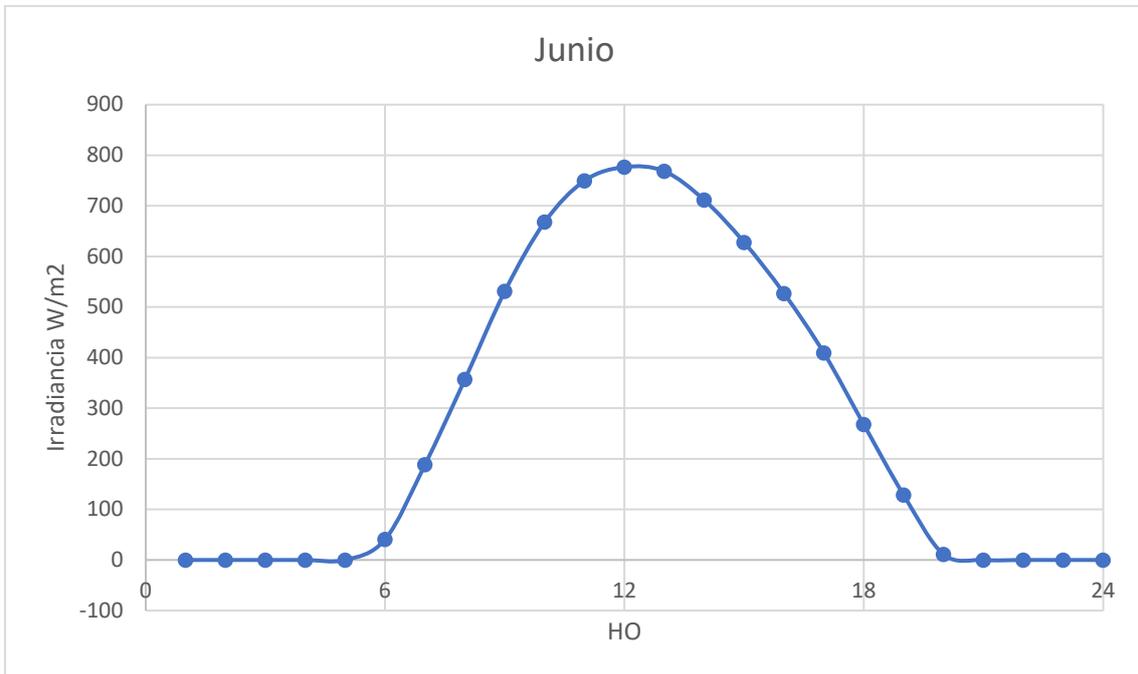
### 2.4. Abril Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



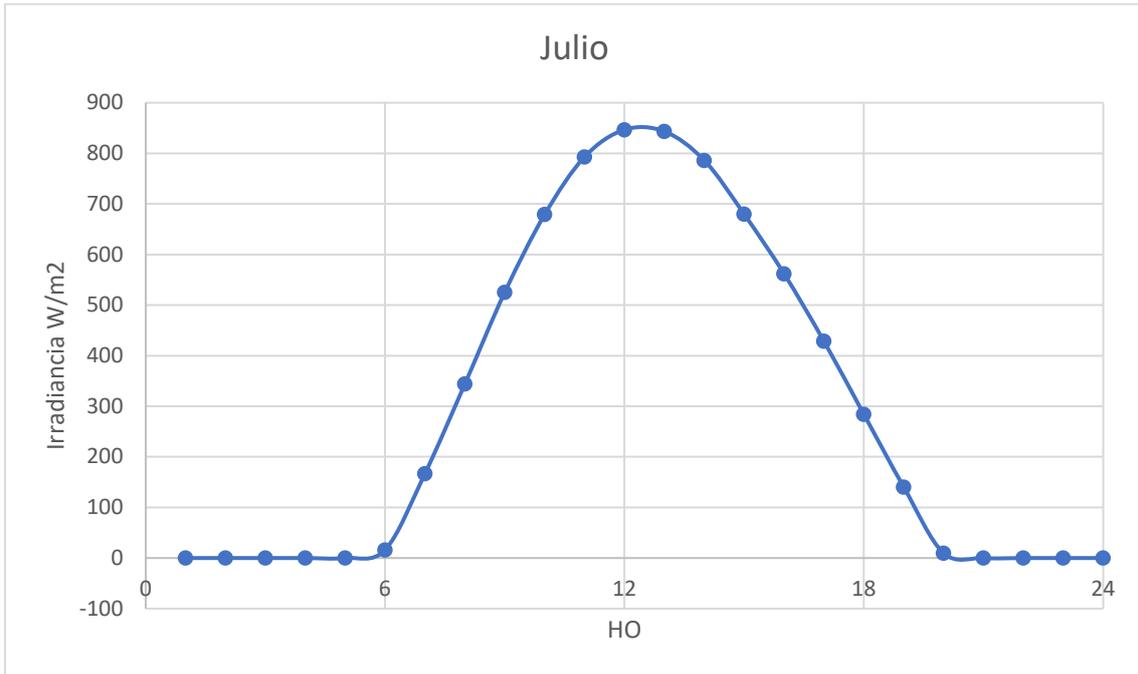
### 2.5. Mayo Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



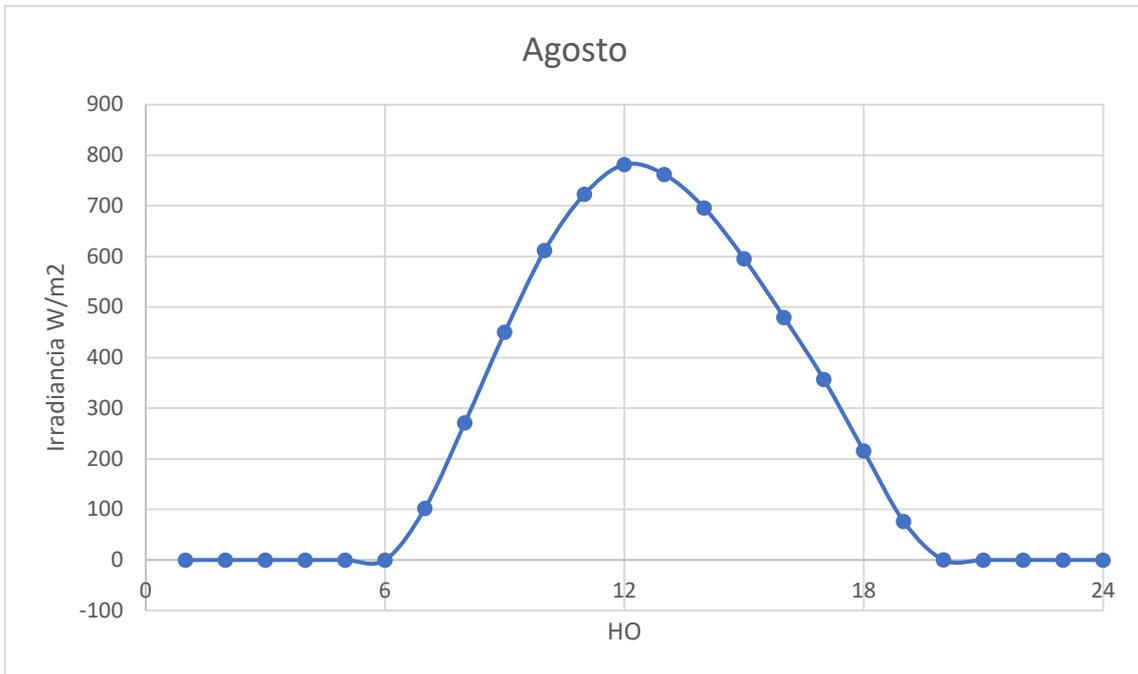
### 2.6. Junio Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



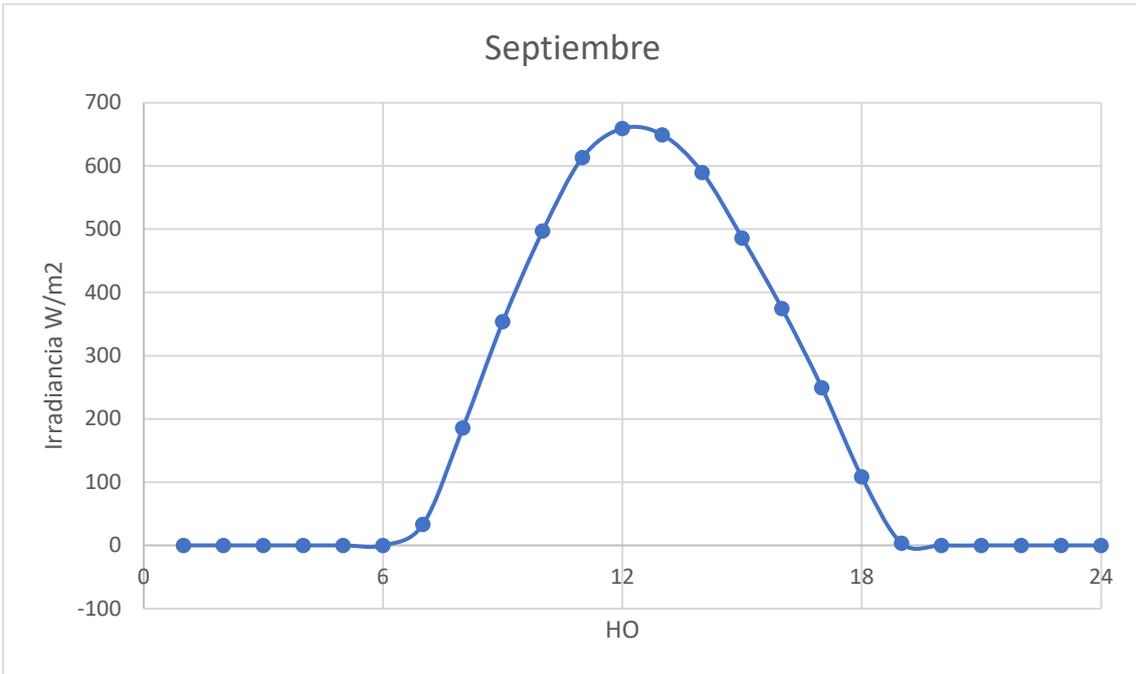
### 2.7. Julio Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



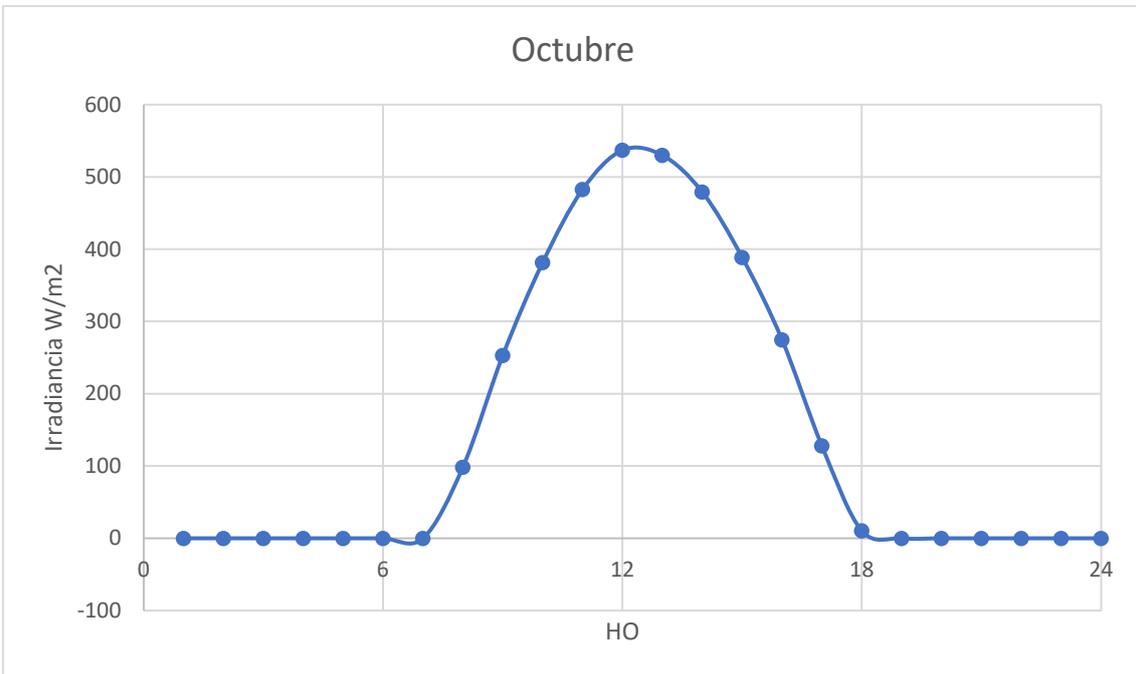
### 2.8. Agosto Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



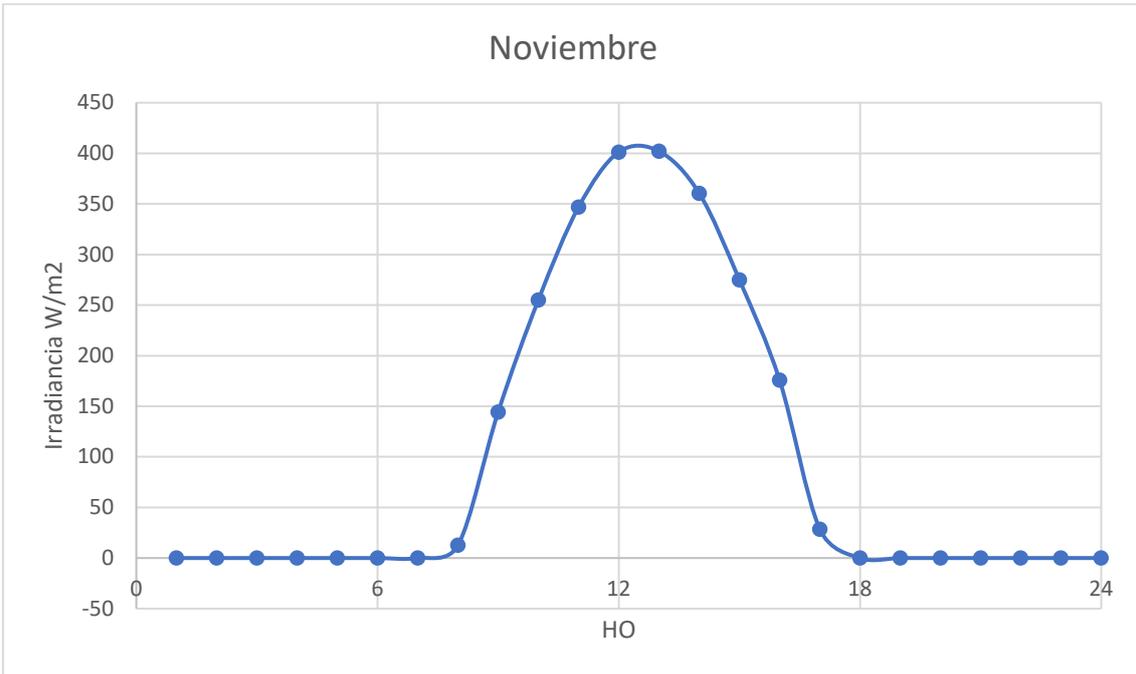
### 2.9. Septiembre Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



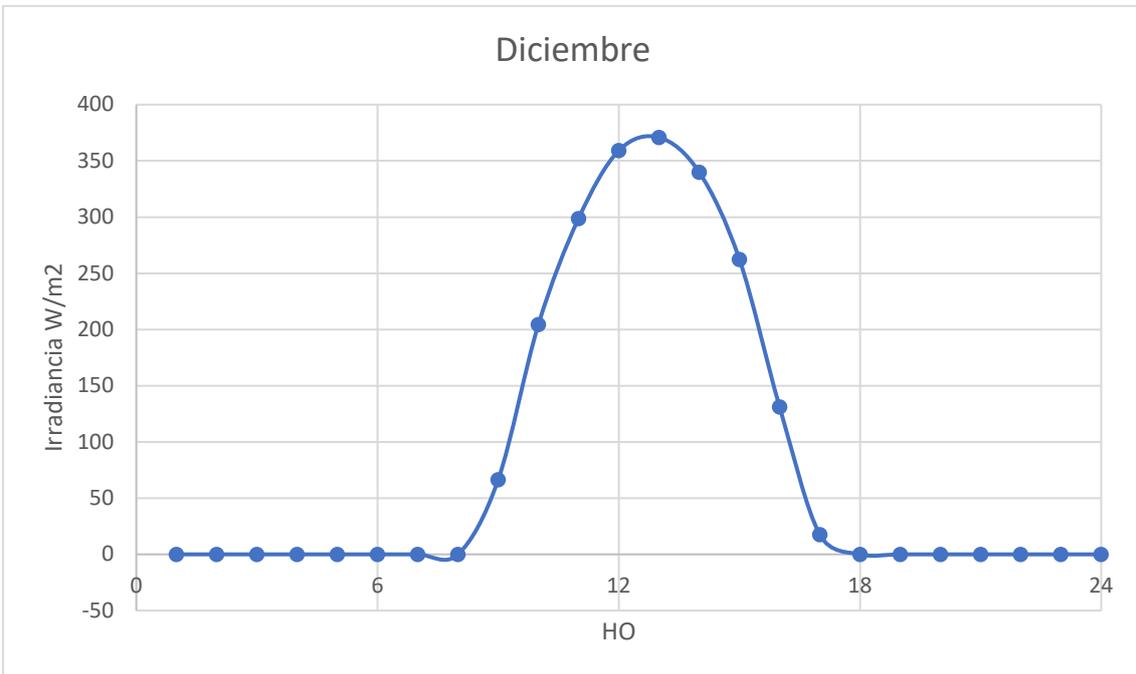
### 2.10. Octubre Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



### 2.11. Noviembre Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



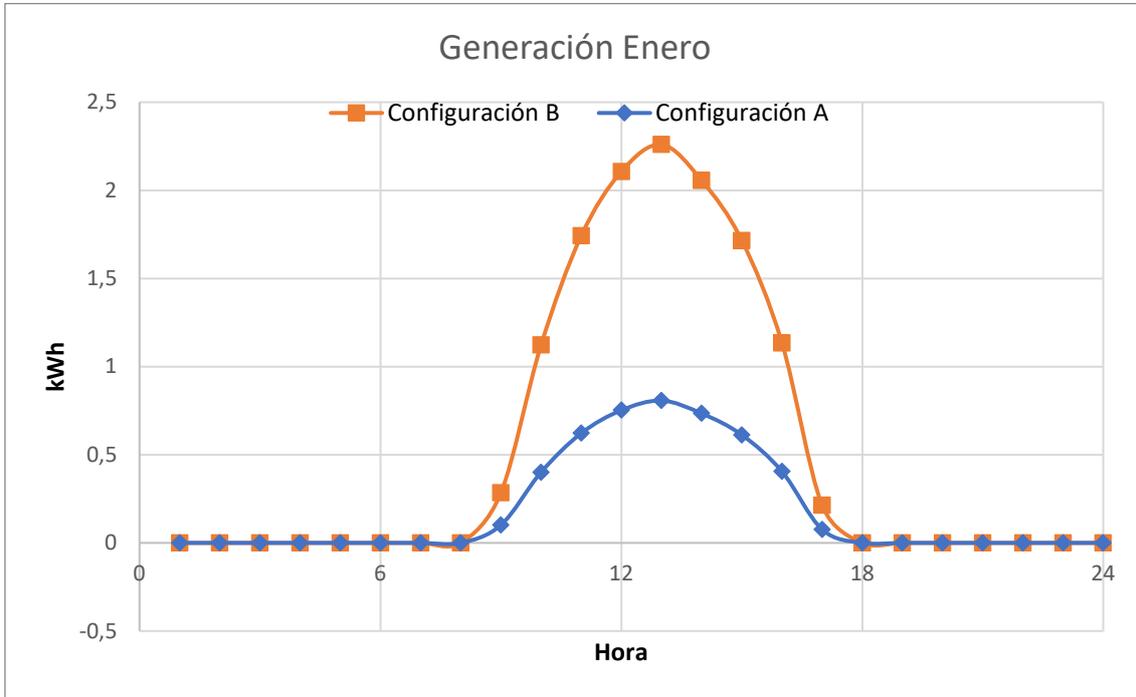
### 2.12. Diciembre Irradiancia Promedio W/m<sup>2</sup>



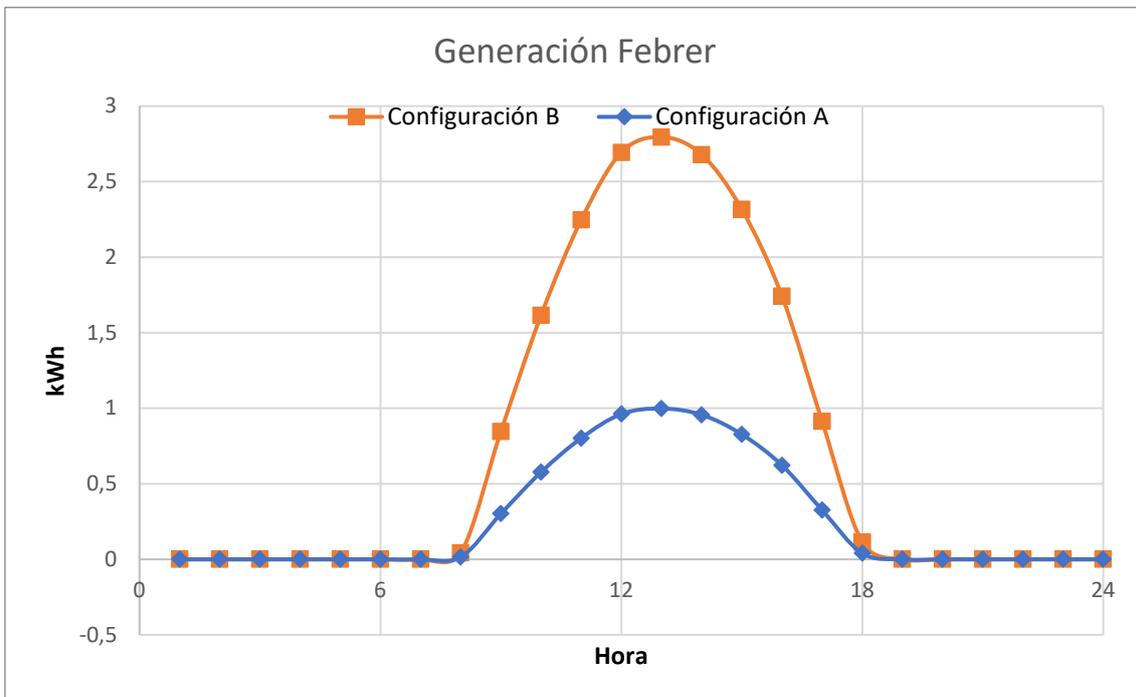
### 3. Generación

Datos de irradiancia coplanares.

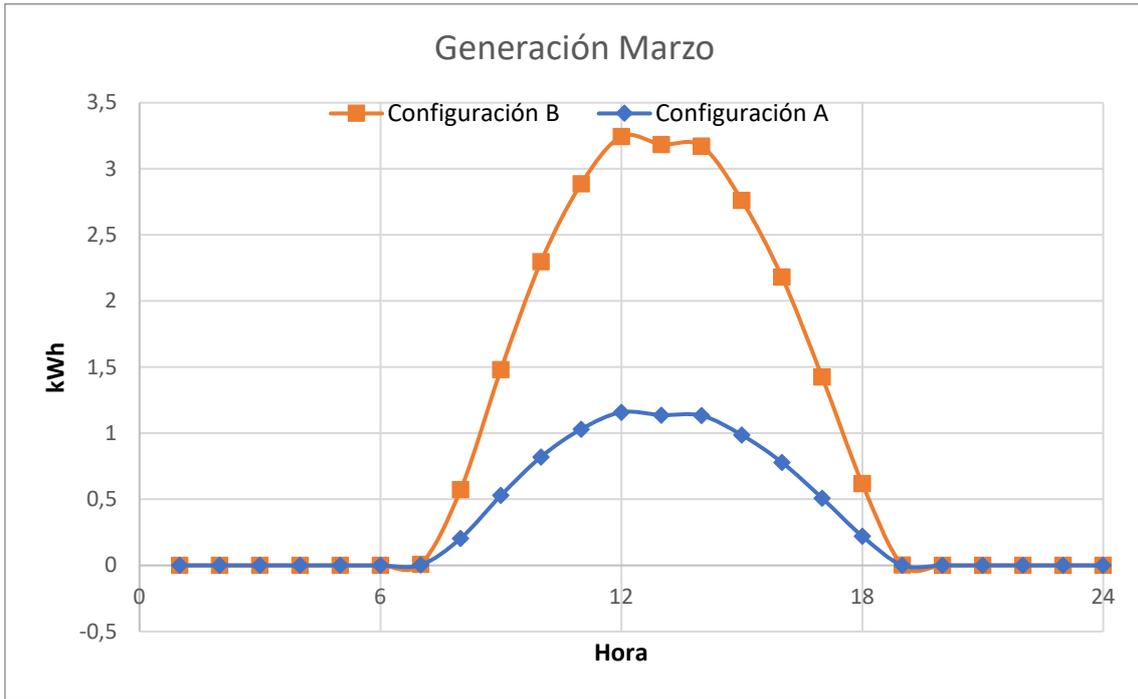
#### 3.1. Enero Generación Diaria kWh



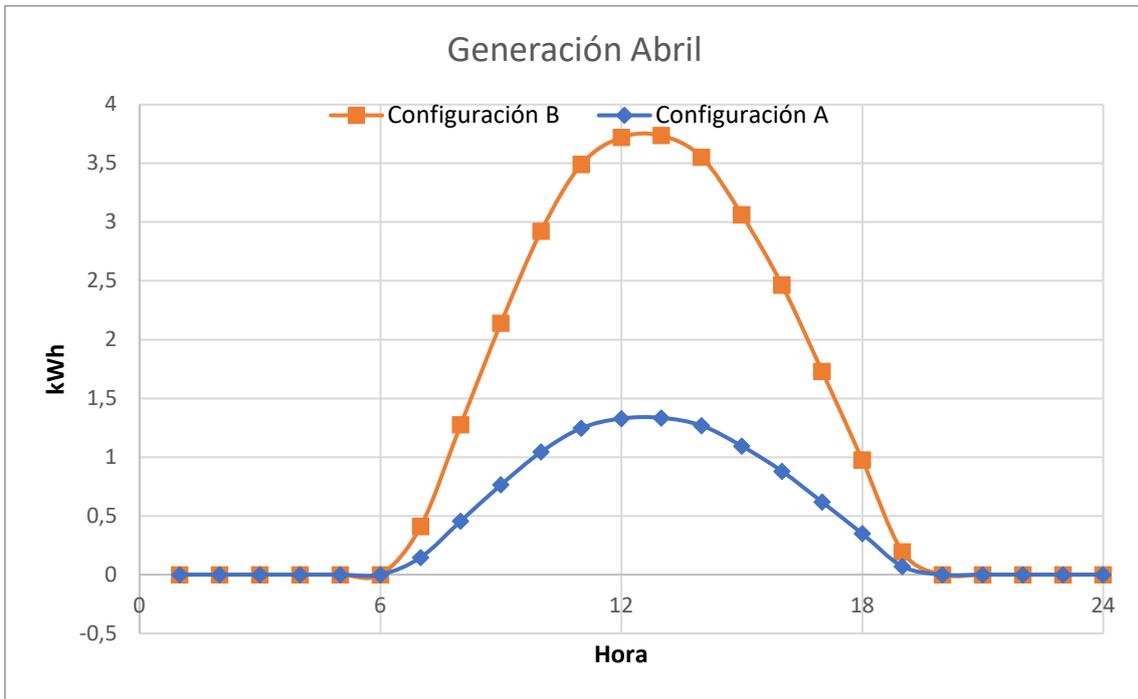
#### 3.2. Febrero Generación Diaria kWh



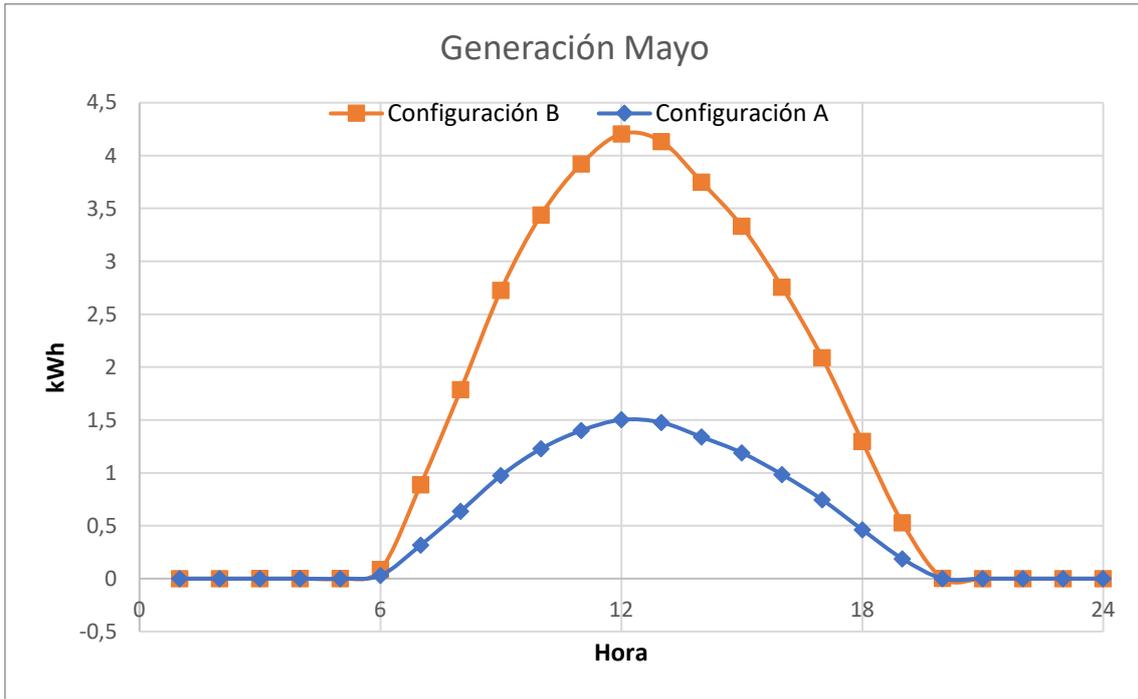
### 3.3. Marzo Generación Diaria kWh



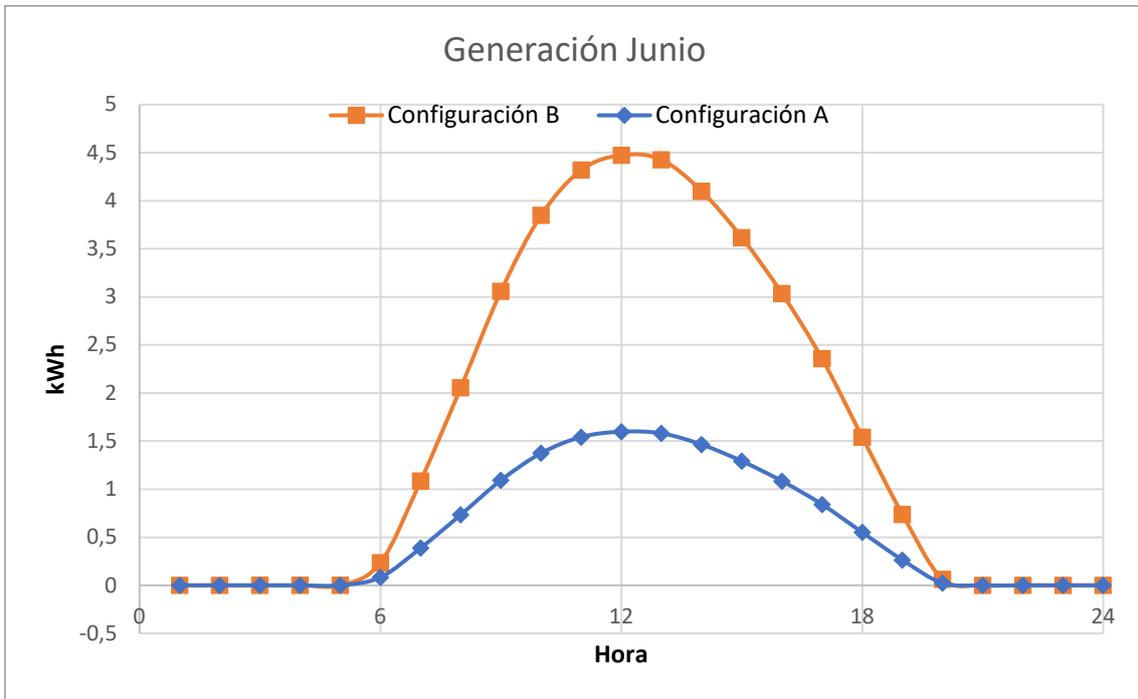
### 3.4. Abril Generación Diaria kWh



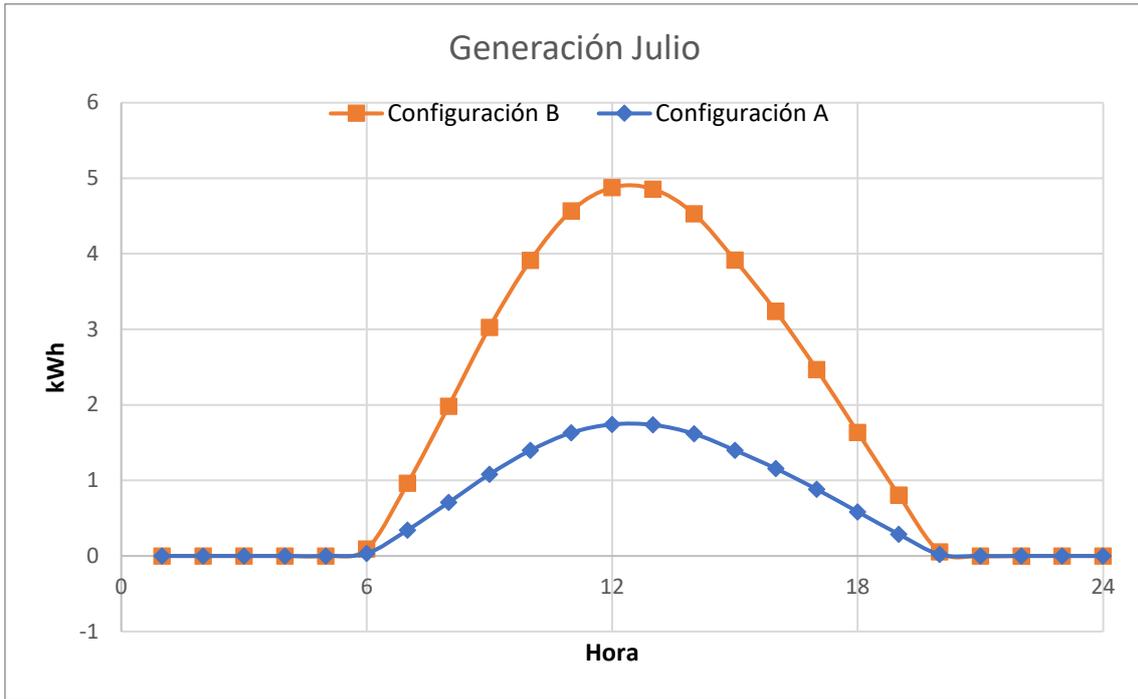
### 3.5. Mayo Generación Diaria kWh



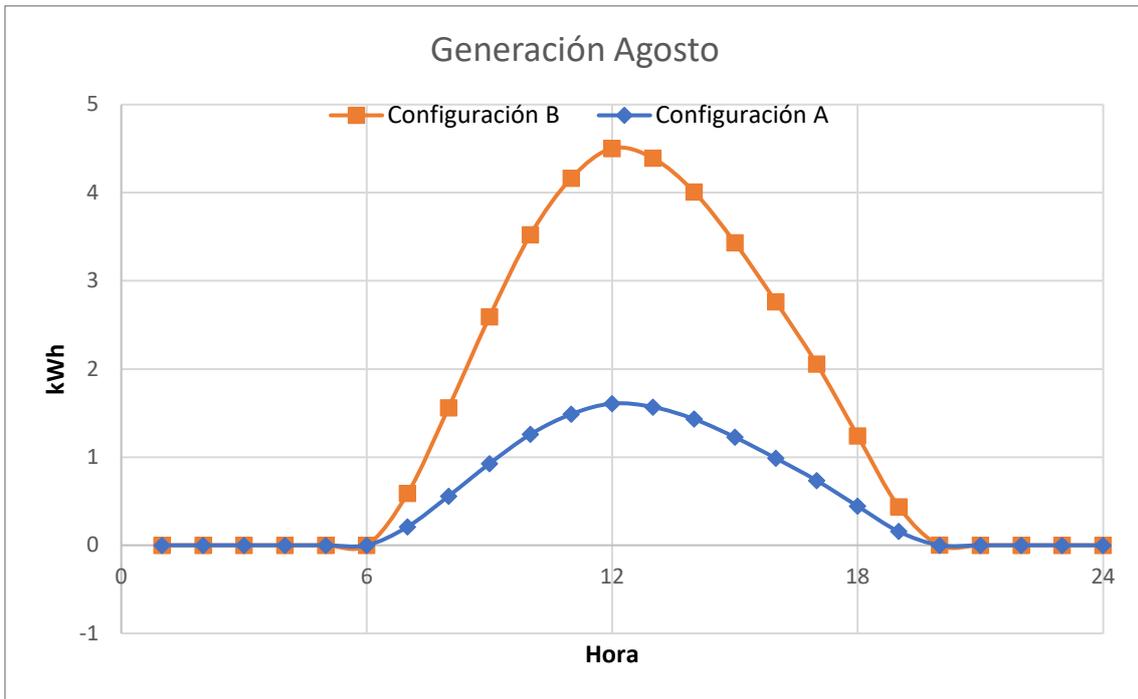
### 3.6. Junio Generación Diaria kWh



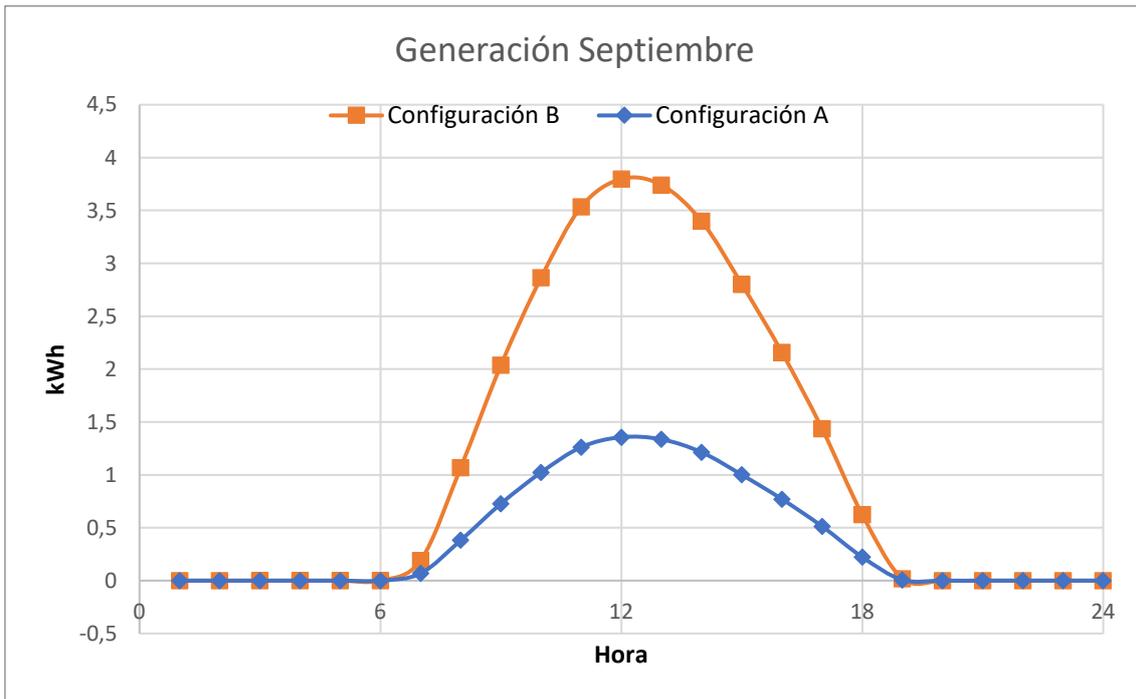
### 3.7. Julio Generación Diaria kWh



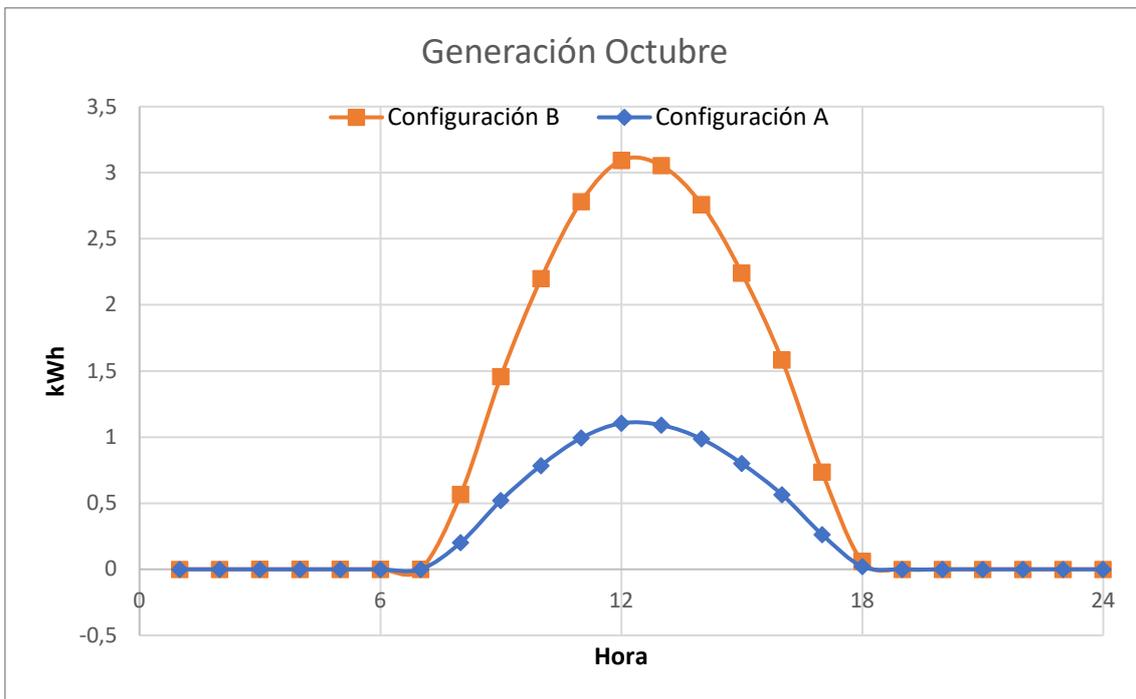
### 3.8. Agosto Generación Diaria kWh



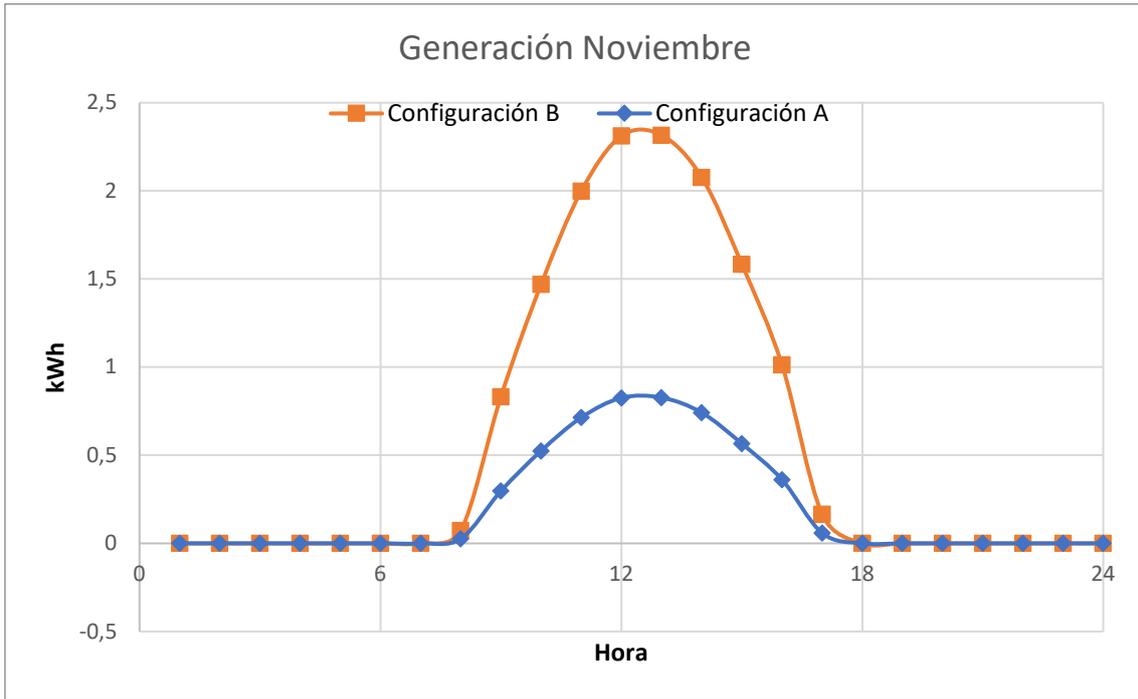
### 3.9. Septiembre Generación Diaria kWh



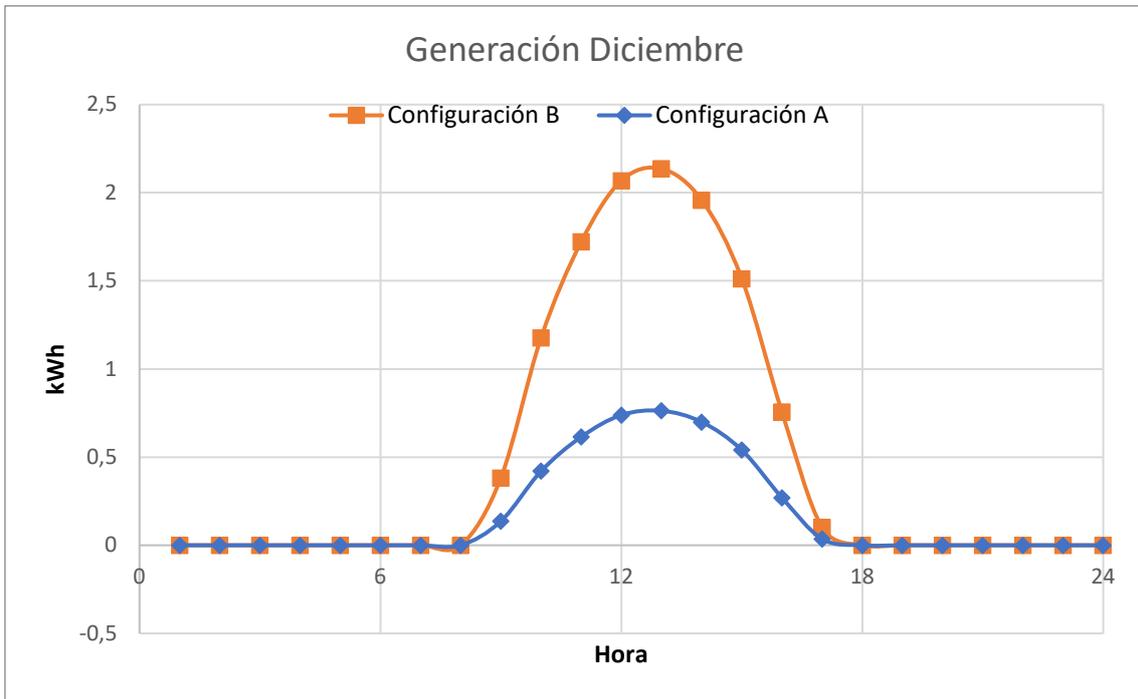
### 3.10. Octubre Generación Diaria kWh



### 3.11. Noviembre Generación Diaria kWh



### 3.12. Diciembre Generación Diaria kWh



## 4. Fichas técnicas

### Protector Sobretensiones CC Fotovoltaico

#### LIMITADOR DE SOBRETENSIONES ENCHUFABLE TIPO 2 SISTEMAS FOTOVOLTAICOS

Protectores de sobretensiones Tipo 2 para protección de equipos que trabajan en corriente continua. Protegen los equipos fotovoltaicos contra sobretensiones transitorias de origen atmosférico y de maniobra.

Protección Clase II de acuerdo con la norma IEC 61643-1

Protección Tipo 2 de acuerdo con la norma IEC 61142-11

Protección en modos común y diferencial.

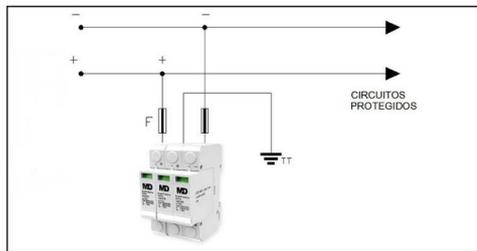
Fácil supervisión gracias al dispositivo de desconexión.

Terminal de alarma remota opcional.

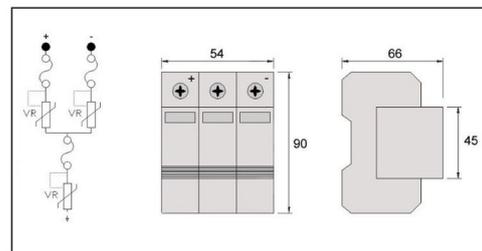
Diseño en dos partes consistentes en una base y un módulo de protección enchufable.

Indicación de fallo mediante indicador rojo en ventana. Respuesta rápida.

Modelo BF3-40/1000



Conexión del equipo BF3-40



Esquema y dimensiones del BF3-40

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

MD BF3-40		
Código	BF3-40/600	BF3-40/1000
SPD según EN 61142-11	Tipo 2	
SPD según IEC 61643-1	Clase II	
Máxima tensión servicio $U_c$	620 V <sub>DC</sub>	1060 V <sub>DC</sub>
Corriente nominal de descarga (8/20) $I_n$	20 KA	
Máxima corriente de descarga (8/20) $I_{máx}$	40 KA	
Nivel de protección $U_p$	1,8 KV	3,2 KV
Tiempo de respuesta	≤100 ns	
Protección recomendada <small>La protección debe escogerse acorde a la instalación.</small>	Fusible gLgG $I_n \leq 50 A$	
Temperatura de trabajo	-40° C – +80° C	
Sección cable conexión	Rígido 35 mm <sup>2</sup> ; Flexible 25 mm <sup>2</sup>	
Montaje	Carril DIN de 35 mm de acuerdo con EN 50022 / DIN46277-3	
Material envolvente	Termoplástico; grado de resistencia al fuego UL94 V-0	
Grado de protección	IP20	
Ancho instalación	3 módulos, DIN 43880	
Desconexión térmica	Interna verde-normal rojo-fallo	
Contacto alarma remota	Opcional	

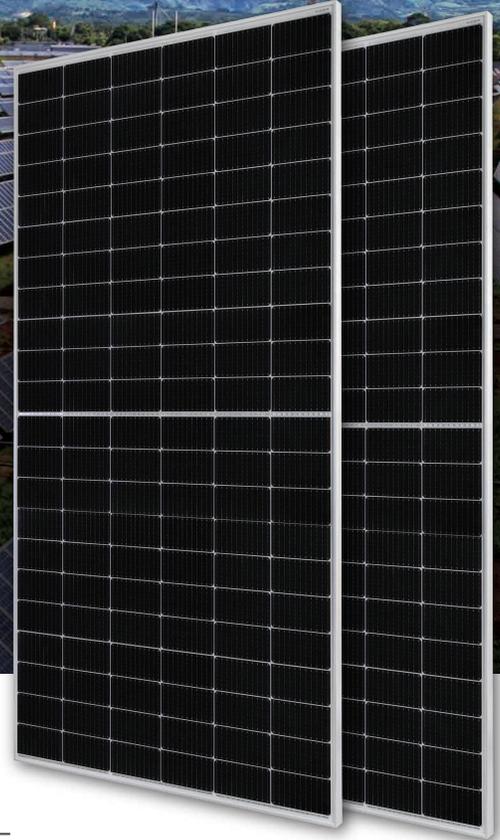
## DEEP BLUE 3.0

**Mono**

505W MBB Half-cell Module  
JAM66S30 480-505/MR Series

### Introduction

Assembled with 11BB PERC cells, the half-cell configuration of the modules offers the advantages of higher power output, better temperature-dependent performance, reduced shading effect on the energy generation, lower risk of hot spot, as well as enhanced tolerance for mechanical loading.



Higher output power



Lower LCOE



Less shading and lower resistive loss

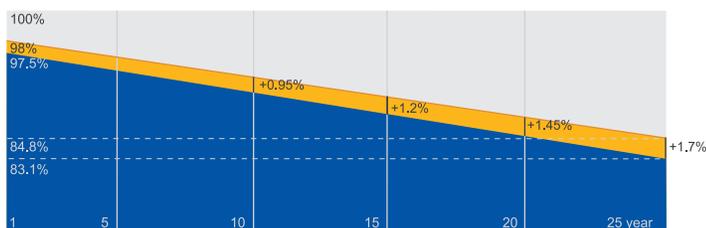


Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

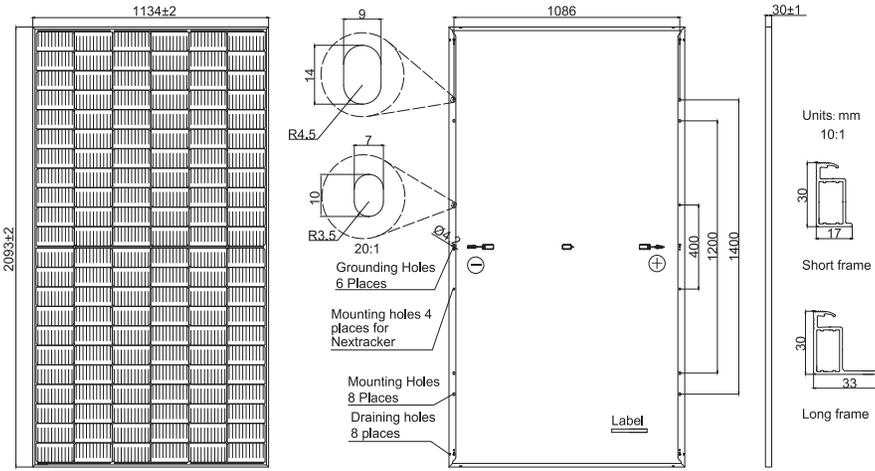
### Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 61215, UL 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- ISO 45001: 2018 Occupational health and safety management systems
- IEC 62941:2019 Terrestrial photovoltaic (PV) modules - Quality system for PV module manufacturing



**MECHANICAL DIAGRAMS**

**SPECIFICATIONS**



Remark: customized frame color and cable length available upon request

Cell	Mono
Weight	26.3kg
Dimensions	2093±2mm×1134±2mm×30±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup> (IEC) , 12 AWG(UL)
No. of cells	132(6×22)
Junction Box	IP68, 3 diodes
Connector	MC4-EVO2/QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait: 200mm(+)/300mm(-); Landscape: 1200mm(+)/1200mm(-)
Packaging Configuration	36pcs/Pallet 792pcs/40HQ Container

**ELECTRICAL PARAMETERS AT STC**

TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	480	485	490	495	500	505
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	45.07	45.20	45.33	45.46	45.59	45.72
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	37.62	37.81	37.99	38.17	38.35	38.53
Short Circuit Current(Isc) [A]	13.65	13.72	13.79	13.86	13.93	14.00
Maximum Power Current(Imp) [A]	12.76	12.83	12.90	12.97	13.04	13.11
Module Efficiency [%]	20.2	20.4	20.6	20.9	21.1	21.3
Power Tolerance	0~+5W					
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )	+0.045%/°C					
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )	-0.275%/°C					
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )	-0.350%/°C					
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G					

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

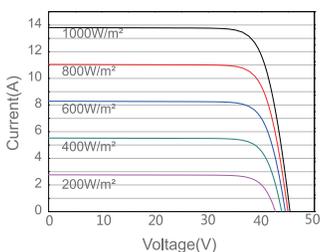
**ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT**

**OPERATING CONDITIONS**

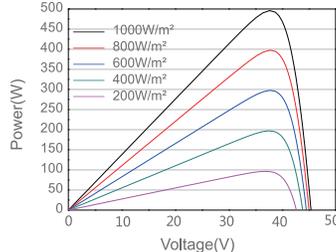
TYPE	JAM66S30 -480/MR	JAM66S30 -485/MR	JAM66S30 -490/MR	JAM66S30 -495/MR	JAM66S30 -500/MR	JAM66S30 -505/MR	OPERATING CONDITIONS	
Rated Max Power(Pmax) [W]	363	367	370	374	378	382	Maximum System Voltage	1000V/1500V DC
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	42.15	42.30	42.43	42.58	42.72	42.86	Operating Temperature	-40°C~+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.54	35.67	35.76	35.84	35.93	36.02	Maximum Series Fuse Rating	25A
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.99	11.06	11.13	11.20	11.27	11.34	Maximum Static Load,Front* Maximum Static Load,Back*	5400Pa(112lb/ft <sup>2</sup> ) 2400Pa(50lb/ft <sup>2</sup> )
Max Power Current(Imp) [A]	10.21	10.28	10.36	10.44	10.52	10.60	NOCT	45±2°C
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C,wind speed 1m/s, AM1.5G						Safety Class	Class II
*For NexTracker installations, Maximum Static Load, Front is 2400Pa while Maximum Static Load, Back is 2400Pa.							Fire Performance	UL Type 1

**CHARACTERISTICS**

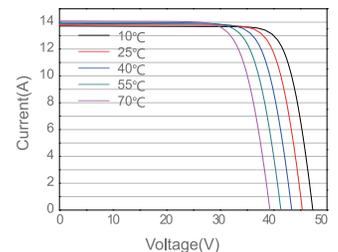
Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Power-Voltage Curve JAM66S30-495/MR



Current-Voltage Curve JAM66S30-495/MR





# FRONIUS SYMO

Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro



Tecnología SnapInverter



Comunicación de datos integrada



Seguimiento inteligente GMPP



Smart Grid Ready



Diseño SuperFlex



Inyección cero

Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones.

La conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y la facilidad de integración de componentes de otros fabricantes hacen del Fronius Symo uno de los inversores con mayor flexibilidad en comunicaciones en el mercado.

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Número de seguidores MPP		1			2	
Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}^{1)}$		16 A			16 A / 16 A	
Máxima corriente de cortocircuito de MPP <sub>1</sub> / MPP <sub>2</sub> <sup>1)</sup> ( $I_{sc\ pv}^{**}$ )		31 A			31 A / 31 A	
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$ )				150 - 1000 V		
Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )				200 V		
Rango de tensión MPP				150 - 800 V		
Número de entradas CC		3			2+2	
Máx. salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	6,0 kW <sub>pico</sub>	7,4 kW <sub>pico</sub>	9,0 kW <sub>pico</sub>	6,0 kW <sub>pico</sub>	7,4 kW <sub>pico</sub>	9,0 kW <sub>pico</sub>

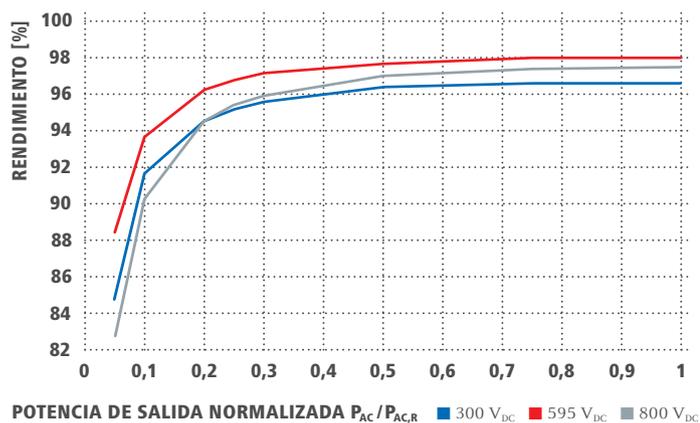
DATOS DE SALIDA	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	3.000 W	3.700 W	4.500 W	3.000 W	3.700 W	4.500 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA	3.000 VA	3.700 VA	4.500 VA
Corriente de salida CA ( $I_{ac\ nom.}$ )	4,3 A	5,3 A	6,5 A	4,3 A	5,3 A	6,5 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)					
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)					
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %					
Factor de potencia ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0,70 - 1 ind. / cap.			0,8 - 1 ind. / cap.		

DATOS GENERALES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm					
Peso	16,0 kg			19,9 kg		
Tipo de protección	IP 65					
Clase de protección	1					
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>2)</sup>	2 / 3					
Consumo nocturno	< 1 W					
Concepto de inversor	Sin transformador					
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada					
Instalación	Instalación interior y exterior					
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C					
Humedad de aire admisible	0 - 100 %					
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)					
Tecnología de conexión CC	3 x CC+ y 3 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2,3)</sup>		
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>			5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2,3)</sup>		
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777 <sup>1)</sup> , CEI 0-21 <sup>1)</sup> , NRS 097					
País de fabricación	Austria					

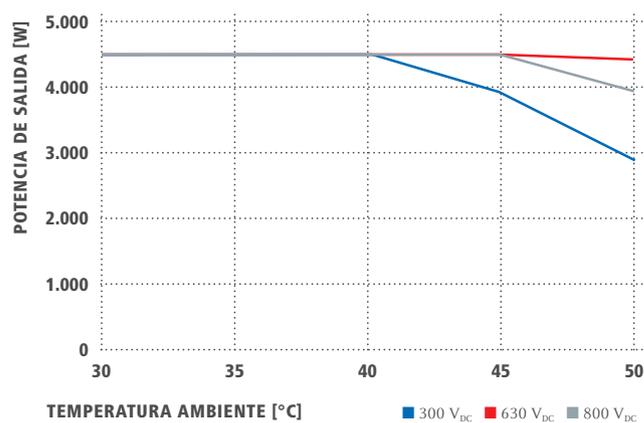
<sup>1)</sup> Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M. <sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

<sup>3)</sup> 16 mm<sup>2</sup> sin necesidad de terminales de conexión. <sup>\*\*</sup>  $I_{sc\ pv} = I_{sc\ máx} \geq I_{sc\ (STC)}$  x 1,25, de acuerdo, por ejemplo, a IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 4.5-3-S



## REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 4.5-3-S



## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (3.0-3-S, 3.7-3-S, 4.5-3-S, 3.0-3-M, 3.7-3-M, 4.5-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %					
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	96,2 %	96,7 %	97,0 %	96,5 %	96,9 %	97,2 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %					

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí					
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia					
Seccionador CC	Sí					
Protección contra polaridad inversa	Sí					

INTERFACES	SYMO 3.0-3-S	SYMO 3.7-3-S	SYMO 4.5-3-S	SYMO 3.0-3-M	SYMO 3.7-3-M	SYMO 4.5-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)					
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda					
USB (Conector A) <sup>1)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB					
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>1)</sup>	Fronius Solar Net					
Salida de aviso <sup>1)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)					
Datalogger and Webservice	Incluido					
Input externo <sup>1)</sup>	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión					
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador					

<sup>1)</sup>También disponible en la versión light.

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Número de seguidores MPP	2			
Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )	16 A / 16 A			
Máxima corriente de cortocircuito de MPP <sub>1</sub> / MPP <sub>2</sub> ( $I_{sc\ pv}$ )*	31 A / 31 A			
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$ )	150 - 1000 V			
Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )	200 V			
Rango de tensión MPP	150 - 800 V			
Número de entradas CC	2+2			
Máx. salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	10,0 kW <sub>pico</sub>	12,0 kW <sub>pico</sub>	14,0 kW <sub>pico</sub>	16,4 kW <sub>pico</sub>

DATOS DE SALIDA	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	5.000 W	6.000 W	7.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	7.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ( $I_{ac\ nom.}$ )	7,2 A	8,7 A	10,1 A	11,8 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)			
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)			
Coefficiente de distorsión no lineal	< 3 %			
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,r}$ )	0,8 - 1 ind. / cap.			

DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm			
Peso	19,9 kg			21,9 kg
Tipo de protección	IP 65			
Clase de protección	1			
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>	2 / 3			
Consumo nocturno	< 1 W			
Concepto de inversor	Sin transformador			
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada			
Instalación	Instalación interior y exterior			
Margen de temperatura ambiente	-25 - +60 °C			
Humedad de aire admisible	0 - 100 %			
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)			
Tecnología de conexión CC	4 x CC+ y 4 x CC bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2 2)</sup>			
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2 2)</sup>			
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, S1 4777, CEI 0-21, NRS 097			
País de fabricación	Austria			

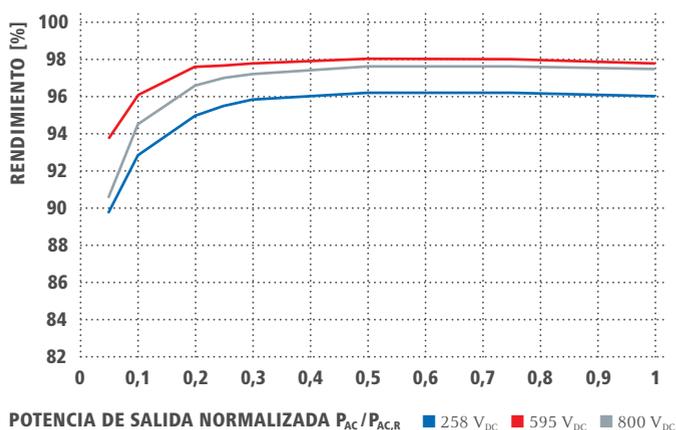
<sup>1)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

<sup>2)</sup> 16 mm<sup>2</sup> sin necesidad de terminales de conexión.

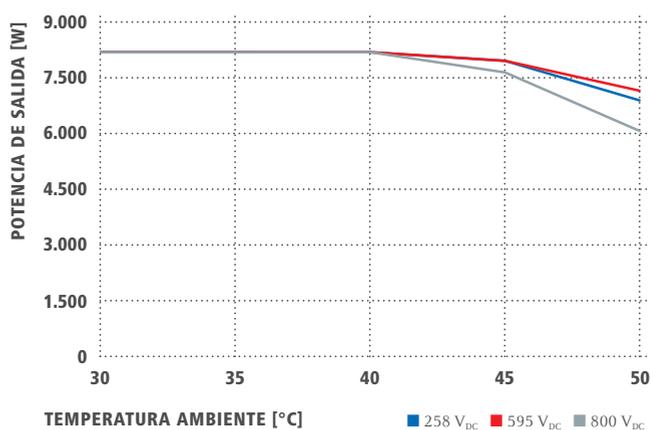
\*  $I_{sc\ pv} = I_{sc\ max} \geq I_{sc\ (STC)} \times 1,25$ , de acuerdo, por ejemplo, a IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 8.2-3-M



## REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 8.2-3-M



## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (5.0-3-M, 6.0-3-M, 7.0-3-M, 8.2-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Máximo rendimiento	98,0 %			
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	97,3 %	97,5 %	97,6 %	97,7 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %			

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Medición del aislamiento CC	Sí			
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC	Sí			
Protección contra polaridad inversa	Sí			

INTERFACES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) <sup>1)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>1)</sup>	Fronius Solar Net			
Salida de aviso <sup>1)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger and Webserver	Incluido			
Input externo <sup>1)</sup>	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

<sup>1)</sup> También disponible en la versión light.

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

DATOS DE ENTRADA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Número de seguidores MPP	2				
Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )	27 A / 16,5 A <sup>1)</sup>		33 A / 27 A		
Máx. corriente de entrada total ( $I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$ )	43,5 A		51 A		
Máxima corriente de cortocircuito de MPP <sub>1</sub> / MPP <sub>2</sub> ( $I_{sc\ pv}$ ) <sup>*</sup>	56 A / 34 A		68 A / 56 A		
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$ )	200 - 1000 V				
Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )	200 V				
Rango de tensión MPP	200 - 800 V				
Número de entradas CC	3+3				
Máx. salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	15,0 kW <sub>pico</sub>	18,8 kW <sub>pico</sub>	22,5 kW <sub>pico</sub>	26,3 kW <sub>pico</sub>	30,0 kW <sub>pico</sub>

DATOS DE SALIDA	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	10.000 W	12.500 W	15.000 W	17.500 W	20.000 W
Máxima potencia de salida	10.000 VA	12.500 VA	15.000 VA	17.500 VA	20.000 VA
Corriente de salida CA ( $I_{ac\ nom.}$ )	14,4 A	18,0 A	21,7 A	25,3 A	28,9 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	3-NPE 400 V / 230 V o 3-NPE 380 V / 220 V (+20 % / -30 %)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8 %	2,0 %	1,5 %	1,5 %	1,3 %
Factor de potencia ( $\cos \phi_{ac,r}$ )	0 - 1 ind. / cap.				

DATOS GENERALES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	725 x 510 x 225 mm				
Peso	34,8 kg		43,4 kg		
Tipo de protección	IP 66				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>2)</sup>	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +60 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	2.000 m / 3.400 m (rango de tensión sin restricciones / con restricciones)				
Tecnología de conexión CC	6 x CC+ y 6 x CC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Certificados y cumplimiento de normas	ÖVE / ÖNORM E 8001-4-712, DIN V VDE 0126-1-1/A1, VDE AR N 4105, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 3100, AS 4777-2, AS 4777-3, CER 06-190, G83/2, UNE 206007-1, SI 4777, CEI 0-16, CEI 0-21, NRS 097				
País de fabricación	Austria				

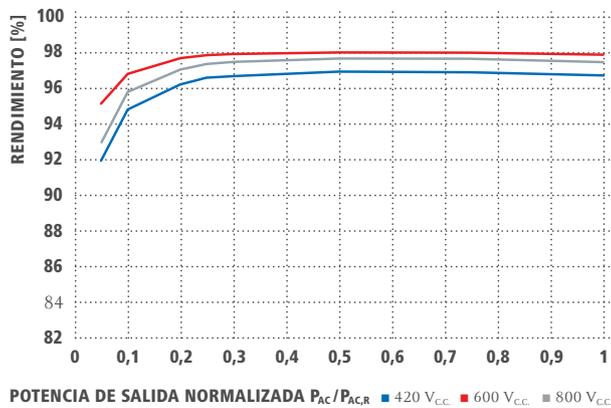
<sup>1)</sup> 14 A para tensiones < 420 V

<sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1. Carril DIN disponible para protección de sobretensiones de tipo 1+ 2 o tipo 2.

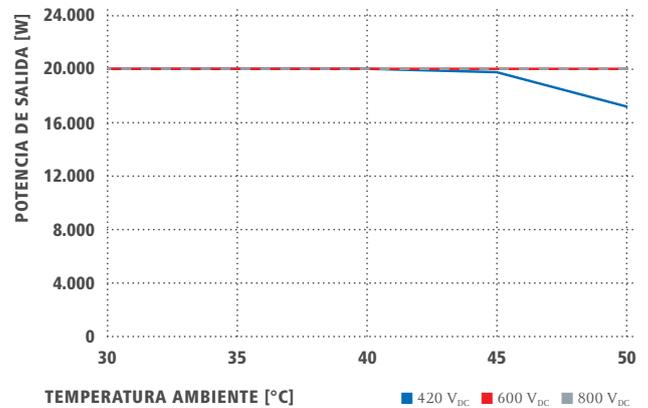
\*  $I_{sc\ pv} = I_{sc\ max} \geq I_{sc\ (STC)} \times 1,25$ , de acuerdo, por ejemplo, a IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS SYMO 20.0-3-M



## REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS SYMO 20.0-3-M



## DATOS TÉCNICOS FRONIUS SYMO (10.0-3-M, 12.5-3-M, 15.0-3-M, 17.5-3-M, 20.0-3-M)

RENDIMIENTO	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Máximo rendimiento		98,0 %		98,1 %	
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	97,4 %	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
Rendimiento de adaptación MPP			> 99,9 %		

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
Medición del aislamiento CC			Si		
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia			
Seccionador CC			Si		
Protección contra polaridad inversa			Si		

INTERFACES	SYMO 10.0-3-M	SYMO 12.5-3-M	SYMO 15.0-3-M	SYMO 17.5-3-M	SYMO 20.0-3-M
WLAN / Ethernet LAN		Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)			
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales		Interface receptor del control de onda			
USB (Conector A) <sup>1)</sup>		Datalogging, actualización de inversores vía USB			
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>1)</sup>		Fronius Solar Net			
Salida de aviso <sup>1)</sup>		Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)			
Datalogger and Webserver		Incluido			
Input externo <sup>1)</sup>		Interface SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión			
RS485		Modbus RTU SunSpec o conexión del contador			

<sup>1)</sup> También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión „desarrollo sostenible“ significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com) v09 May 2018 ES

**Fronius España S.L.U.**  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
pv-sales-spain@fronius.com  
www.fronius.es

**Fronius International GmbH**  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono +43 7242 241-0  
Fax +43 7242 241-953940  
pv-sales@fronius.com  
www.fronius.com

# FRONIUS PRIMO

El inversor comunicativo para la optimización de la gestión de energía



Tecnología SnapInverter



Comunicación de datos integrada



Diseño SuperFlex



Seguimiento inteligente GMPP



Smart Grid Ready



Inyección cero

Dentro de la gama SnapInverter y con un rango de potencia entre 3,0 y 8,2 kW, el inversor monofásico Fronius Primo es el equipo perfecto para cubrir las necesidades de cualquier hogar. Gracias a su doble MPPT y su innovador diseño SuperFlex, es capaz de sacar el máximo rendimiento de las instalaciones sobre tejado.

Con el sistema de montaje SnapInverter, la instalación y mantenimiento son más fáciles que nunca. El inversor Fronius Primo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, dispositivo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además que el inversor no inyecte energía a la red eléctrica.

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Número de seguidores MPP			2		
Máx. corriente de entrada (I <sub>dc</sub> máx. 1/ I <sub>dc</sub> máx. 2)			12 A / 12 A		
Máxima corriente de cortocircuito de MPP1/MPP2 (I <sub>sc pv</sub> )*			24 A / 24 A		
Rango de tensión de entrada CC (U <sub>dc</sub> mín. - U <sub>dc</sub> máx.)			80 - 1000 V		
Tensión de puesta en servicio (U <sub>dc</sub> arranque)			80 V		
Rango de tensión MPP			80 - 800 V		
Número de entradas CC			2 + 2		
Máx. salida del generador FV (P <sub>dc</sub> máx.)	4,5 kW <sub>pico</sub>	5,3 kW <sub>pico</sub>	5,5 kW <sub>pico</sub>	6,0 kW <sub>pico</sub>	6,9 kW <sub>pico</sub>

DATOS DE SALIDA	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Potencia nominal CA (P <sub>ac,r</sub> )	3.000 W	3.500 W	3.680 W	4.000 W	4.600 W
Máxima potencia de salida	3.000 VA	3.500 VA	3.680 VA	4.000 VA	4.600 VA
Corriente de salida CA (I <sub>ac</sub> nom.)	13 A	15,2 A	16 A	17,4 A	20 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)	1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)				
Frecuencia (rango de frecuencia)	50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)				
Coficiente de distorsión no lineal	< 3 %				
Factor de potencia (cos φ <sub>ac,r</sub> )	0,85 - 1 ind. / cap.				

\* I<sub>sc</sub> pv = I<sub>sc</sub> max >= I<sub>sc</sub> (STC) x 1,25 de acuerdo, por ejemplo, a IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021.

## DATOS TÉCNICOS FRONIUS PRIMO (3.0-1, 3.5-1, 3.6-1, 4.0-1, 4.6-1)

DATOS GENERALES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm				
Peso	21,5 kg				
Tipo de protección	IP 65				
Clase de protección	1				
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>	2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +55 °C				
Humedad de aire admisible	0 - 100 %				
Máxima altitud	4.000 m				
Tecnología de conexión CC	4x CC+ y 4x DC bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Tecnología de conexión principal	3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>				
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/-2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G98/1, G99/1, CEI 0-21, VDE AR N 4105				
País de fabricación	Austria				

RENDIMIENTO	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Máximo rendimiento	98,0 %	98,0 %	98,0 %	98,1 %	98,1 %
Rendimiento europeo (ηEU)	96,1 %	96,8 %	96,8 %	97,0 %	97,0 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %				

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
Medición del aislamiento CC	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				

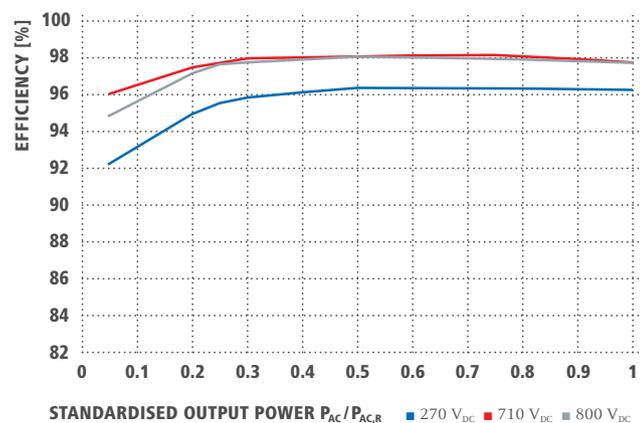
INTERFACES	PRIMO 3.0-1	PRIMO 3.5-1	PRIMO 3.6-1	PRIMO 4.0-1	PRIMO 4.6-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)				
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda				
USB (Conector A) <sup>2)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB				
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>2)</sup>	Fronius Solar Net				
Salida de aviso <sup>2)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)				
Datalogger y Servidor web	Incluido				
Input externo <sup>2)</sup>	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

<sup>1)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

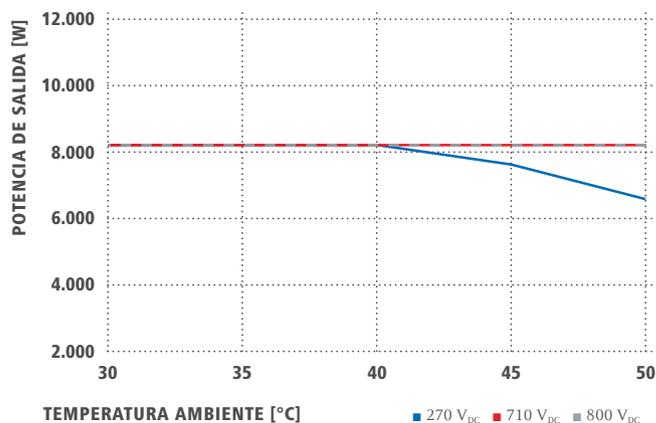
<sup>2)</sup> También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## CURVA DE RENDIMIENTO FRONIUS PRIMO 8.2-1



## REDUCCIÓN DE TEMPERATURA FRONIUS PRIMO 8.2-1



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

DATOS DE ENTRADA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Número de seguidores MPP		2	
Máx. corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )	12 A / 12 A		18 A / 18 A
Máxima corriente de cortocircuito de MPP1/MPP2 ( $I_{sc\ pv}$ ) *	24 A / 24 A		36 A / 36 A
Rango de tensión de entrada CC ( $U_{dc\ mín.} - U_{dc\ máx.}$ )		80 - 1.000 V	
Tensión de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )		80 V	
Rango de tensión MPP		80 - 800 V	
Número de entradas CC		2 + 2	
Máx. salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	7,5 kW <sub>pico</sub>	9,0 kW <sub>pico</sub>	12,3 kW <sub>pico</sub>

DATOS DE SALIDA	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Potencia nominal CA ( $P_{ac,r}$ )	5.000 W	6.000 W	8.200 W
Máxima potencia de salida	5.000 VA	6.000 VA	8.200 VA
Corriente de salida CA ( $I_{ac\ nom.}$ )	21,7 A	26,1 A	35,7 A
Acoplamiento a la red (rango de tensión)		1 - NPE 220 V / 230 V (180 V - 270 V)	
Frecuencia (rango de frecuencia)		50 Hz / 60 Hz (45 - 65 Hz)	
Coefficiente de distorsión no lineal		< 3 %	
Factor de potencia ( $\cos\ \phi_{ac,r}$ )		0,85 - 1 ind. / cap.	

DATOS GENERALES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)		645 x 431 x 204 mm	
Peso		21,5 kg	
Tipo de protección		IP 65	
Clase de protección		1	
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>		2 / 3	
Consumo nocturno		< 1 W	
Concepto de inversor		Sin transformador	
Refrigeración		Refrigeración de aire regulada	
Instalación		Instalación interior y exterior	
Margen de temperatura ambiente		-40 - +55 °C	
Humedad de aire admisible		0 - 100 %	
Máxima altitud		4.000 m	
Tecnología de conexión CC		Conexión de 4x CC+ y 4x CC- bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>	
Tecnología de conexión principal		Conexión de 3 polos CA bornes roscados 2,5 - 16 mm <sup>2</sup>	
Certificados y cumplimiento de normas	DIN V VDE 0126-1-1/A1, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 61727, AS 4777-2, AS 4777-3, G83/2, G59/3, CEI 0-21, VDE AR N 4105 <sup>2)</sup>		
País de fabricación	Austria		

<sup>1)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.

<sup>2)</sup> Fronius Primo 5.0-1, Fronius Primo 6.0-1 y Fronius Primo 8.2-1 no son compatibles con la norma VDE AR N 4105.

\*  $I_{sc\ pv} = I_{sc\ max} \geq I_{sc\ (STC)} \times 1,25$  de acuerdo, por ejemplo, a IEC 60364-7-712, NEC 2020, AS/NZS 5033:2021.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

RENDIMIENTO	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Máximo rendimiento	98,1 %	98,1 %	98,1 %
Rendimiento europeo (ηEU)	97,1 %	97,3 %	97,5 %
Rendimiento de adaptación MPP		> 99,9 %	

EQUIPAMIENTO DE SEGURIDAD	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
Medición del aislamiento CC		Sí	
Comportamiento de sobrecarga		Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia	
Seccionador CC		Sí	
Protección contra polaridad inversa		Sí	

INTERFACES	PRIMO 5.0-1	PRIMO 6.0-1	PRIMO 8.2-1
WLAN / Ethernet LAN	Fronius Solar.web, Modbus TCP SunSpec, Fronius Solar API (JSON)		
6 inputs y 4 inputs/outputs digitales	Interface receptor del control de onda		
USB (Conector A) <sup>1)</sup>	Datalogging, actualización de inversores vía USB		
2 conectores RJ 45 (RS422) <sup>1)</sup>	Fronius Solar Net		
Salida de aviso <sup>1)</sup>	Gestión de la energía (salida de relé libre de potencial)		
Datalogger y Servidor web	Incluido		
Input externo <sup>1)</sup>	Interface S0-Meter / Input para la protección contra sobretensión		
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador		

<sup>1)</sup> También disponible en la versión light.

Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

## TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión „desarrollo sostenible“ significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com) v09 May 2018 ES

Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
pv-sales-spain@fronius.com  
www.fronius.es

Fronius International GmbH  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono +43 7242 241-0  
Fax +43 7242 241-953940  
pv-sales@fronius.com  
www.fronius.com

# FRONIUS SMART METER TS

Contador bidireccional para la gestión inteligente de energía



Fronius Smart Meter TS es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo, controla los diferentes flujos de energía y registra la curva de consumo. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia, cuando hay límites configurados, es más rápida y precisa que con el controlador S0.

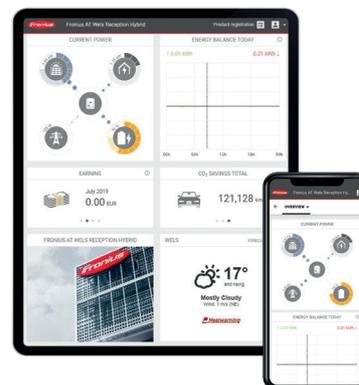
Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía. En combinación con las soluciones de almacenamiento Fronius, este dispositivo garantiza una coordinación perfecta de diferentes flujos de energía, optimizando así la energía total. El Smart Meter TS es perfecto para su uso junto con los inversores GEN24 Plus y Tauro, así como con otros inversores que contengan un Fronius Datamanager 2.0.

## FRONIUS SMART METER TS

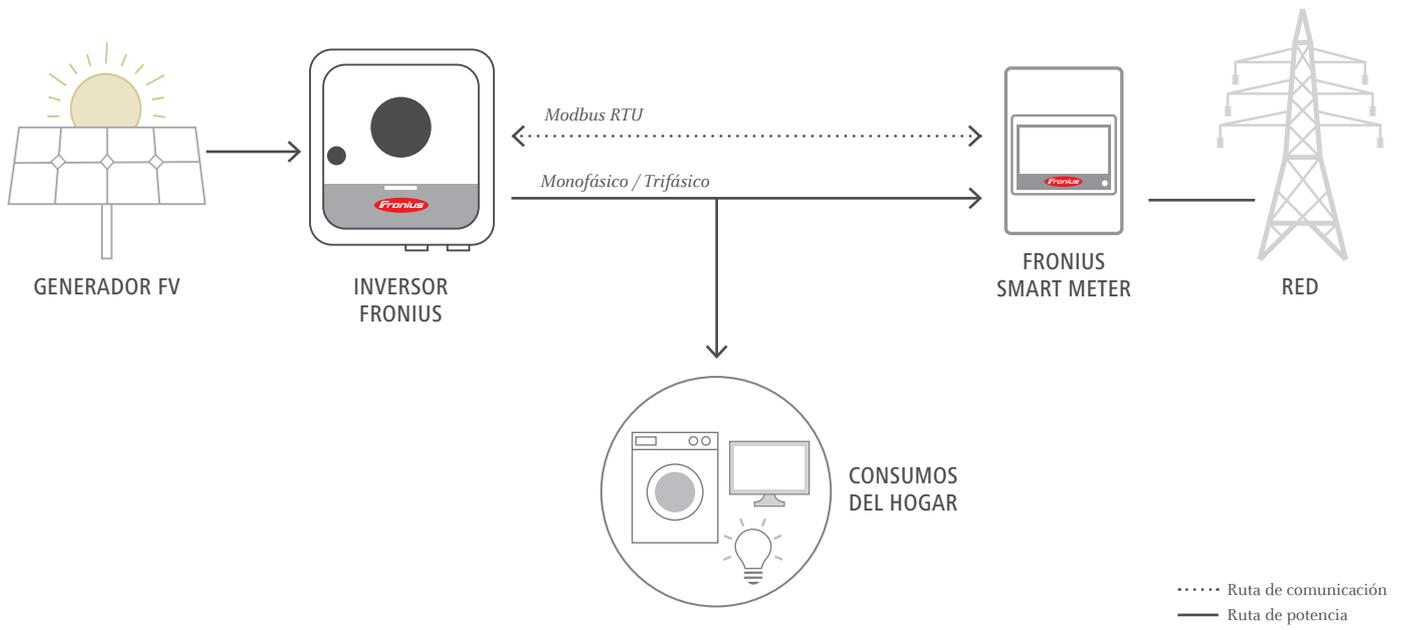
DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER TS 100A -1	FRONIUS SMART METER TS 65A -3	FRONIUS SMART METER TS 5KA -3
Tensión nominal	230 V	208 - 400 V	220 - 480 V
Tolerancia	-30% - +20%	-20% - +20%	-20% - +15%
Frecuencia nominal		50 a 60 Hz	
Rango de frecuencia de red		45 a 65 Hz	
Máxima corriente	1 x 100 A	3 x 65 A	3 x 5000 A
Sección de cable de alimentación	1 - 25 mm <sup>2</sup>	1 - 16 mm <sup>2</sup>	1 - 4 mm <sup>2</sup>
Sección de cable neutro	1 - 25 mm <sup>2</sup>	0,05 - 1,5 mm <sup>2</sup>	1 - 4 mm <sup>2</sup>
Sección de cable de comunicación		0,05 - 1,5 mm <sup>2</sup>	
Consumo de energía		<=1W	
Intensidad de inicio	40 mA	20 mA	10 mA
Clase de protección		1	
Precisión de energía activa		Clase 1 (EN62053-21) / Clase B (EN50470-3)	
Precisión de energía reactiva		Clase 2 (EN 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración	3000A/10ms	1950A/10ms	25A/500ms
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa	2 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880	3 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación		-25 a +65°C	
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	91,5 x 35,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm	91,5 x 53,8 x 63,0 mm
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display		3 x 8 dígito / Pantalla táctil	

## VENTAJAS

- / Limitación de potencia rápida y precisa
- / Junto con Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía
- / Gestión de energía con solución de almacenamiento Fronius
- / Identificación de oportunidades para optimizar el sistema FV
- / Monitorización y análisis de cargas



## ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). También puede ser instalado en cualquier momento junto con el Fronius Datamanager 2.0, después de la puesta en marcha de un inversor.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### TRES UNIDADES DE NEGOCIO, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE ESTABLECE ESTÁNDARES.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca los estándares tecnológicos en los sectores de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica y carga de baterías. En la actualidad contamos en todo el mundo con 4.550 empleados y 1.241 patentes concedidas por desarrollos de productos, poniendo de manifiesto nuestro innovador espíritu. La expresión "desarrollo sostenible" significa para nosotros fomentar aspectos sociales y relevantes para el medio ambiente, teniendo en cuenta los factores económicos. Nuestro objetivo siempre ha sido el mismo: ser líderes en innovación.

Para obtener información más detallada sobre todos los productos de Fronius y nuestros distribuidores y representantes en todo el mundo visite [www.fronius.com](http://www.fronius.com) v08 Aug 2017 ES

Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
pv-sales-spain@fronius.com  
www.fronius.es

Fronius International GmbH  
Froniusplatz 1  
4600 Wels  
Austria  
Teléfono + 43 7242 241-0  
Fax +43 7242 241-952560  
pv-sales@fronius.com  
www.fronius.com

**FUSE 10X38 25A 1000 VDC GPV S**

**Weidmüller Interface GmbH & Co. KG**  
 Klingenbergstraße 26  
 D-32758 Detmold  
 Germany

www.weidmueller.com

**Similar a la ilustración**



Los elementos de seguridad cilíndricos gPV están diseñados para ofrecer una protección compacta, segura y económica de los módulos fotovoltaicos (protección de campo) con voltajes de hasta 1.500 V CC. Estos dispositivos ofrecen protección tanto frente a sobrecargas como a cortocircuitos (vidrio gPV de conformidad con los requisitos de las normas IEC60269-6 y UL248-19). Compuesto por un tubo cerámico de elevada presión interna y resistencia frente a choques térmicos, lo que ofrece una elevada potencia de conmutación en un dispositivo de tamaño reducido. Los contactos de cobre plateado y los elementos del fusible de plata pura evitan el envejecimiento y mantienen invariables las propiedades eléctricas. Están disponibles en los tamaños 10 x 38 mm, 10 x 85 mm y 22 x 58 mm.

**Datos generales para pedido**

Versión	Fotovoltaico, Pieza para fusible, 1000 V, 10x38, gPV, Fusible en línea de 25 A
Código	<a href="#">2827990000</a>
Tipo	FUSE 10X38 25A 1000 VDC GPV S
GTIN (EAN)	4064675367819
Cantidad	10 Pieza

## FUSE 10X38 25A 1000 VDC GPV S

**Weidmüller Interface GmbH & Co. KG**  
 Klingenbergstraße 26  
 D-32758 Detmold  
 Germany

www.weidmueller.com

## Datos técnicos

### Dimensiones y pesos

Altura	38 mm	Altura (pulgadas)	1,496 inch
Anchura	10 mm	Anchura (pulgadas)	0,394 inch
Diámetro	10,3 mm	Peso neto	10,6 g

### Temperaturas

Temperatura de almacenamiento	-40°C ... 90°C	Gama de temperaturas de servicio	-40°C ... 80°C
-------------------------------	----------------	----------------------------------	----------------

### Elemento de seguridad

Estándar de conexión por fusible	IEC 60269-1, IEC 60269-6, gPV (EN 60269-6)	Corriente	25 A
Tensión nominal DC	1.000 V	Capacidad de desconexión nominal	10 kA
Material contactos	Plateado	Disipación de energía, máx.	3,5 W

### Clasificaciones

ETIM 6.0	EC002936	ETIM 7.0	EC002936
ETIM 8.0	EC002936	ECLASS 9.0	27-14-20-90
ECLASS 9.1	27-14-20-90	ECLASS 10.0	27-14-20-90
ECLASS 11.0	27-14-20-90	ECLASS 12.0	27-14-20-90

### Homologaciones

ROHS	Conformidad
------	-------------

### Descargas

Documentación técnica	<a href="#">Chracteristic for 10x38 gPV Fuses</a> <a href="#">Chracteristic for 10x38 gPV Fuses</a> <a href="#">Chracteristic for 10x38 gPV Fuses</a>
Catálogo	<a href="#">Catalogues in PDF-format</a>

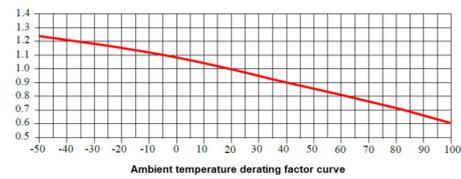
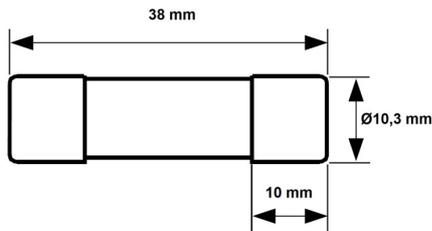
**FUSE 10X38 25A 1000 VDC GPV S**

**Weidmüller Interface GmbH & Co. KG**  
 Klingenbergstraße 26  
 D-32758 Detmold  
 Germany

www.weidmueller.com

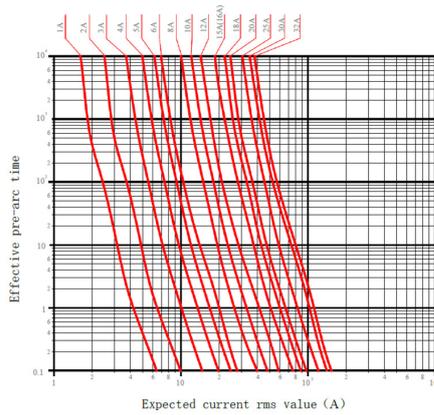
Dibujos

Curva de deriva



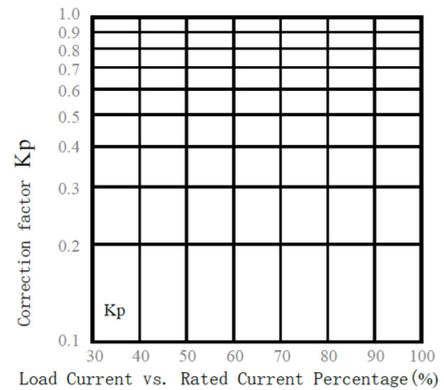
Ambient temperature derating factor curve

Graph



T-I characteristic curve

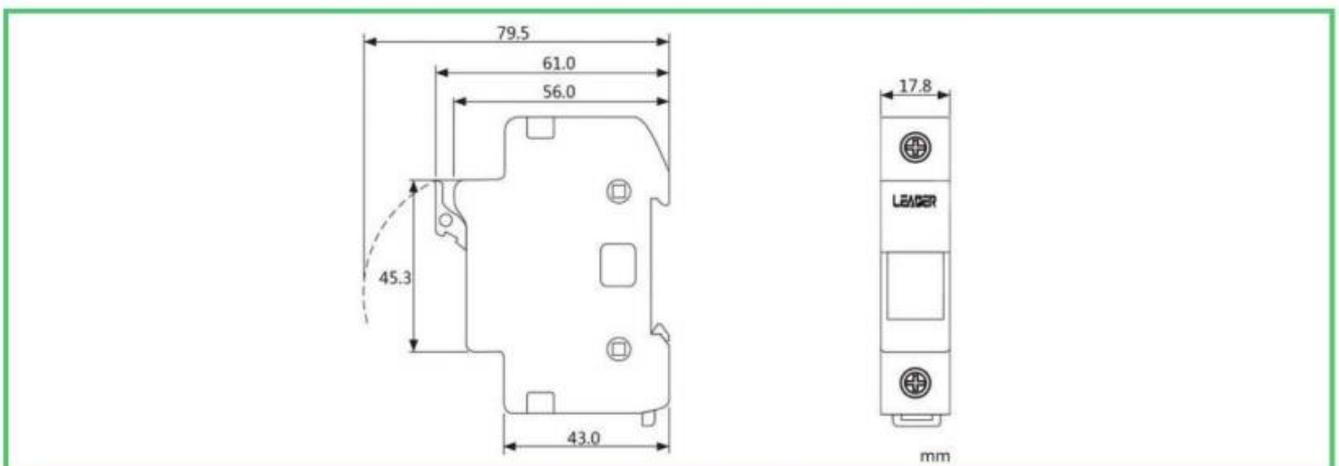
Graph



Power loss correction factor chart

**Solar DC Fuse**
**□ Technical Parameter**

Model	ZTPV-25B	ZTPV-25X
Product Picture		
Pole	1P	
Fuse Link Size(mm)	10×38	
Rated Voltage Ue(V)	DC1000	
Rated Current In(A)	32	
DIN Rail(mm)	35	
Weight (g)	60	61
Standard	IEC60269.6	
<b>Material Details</b>		
Part Name	Plastic Cement	Copper
Material	PBT(V-0)	Red Copper

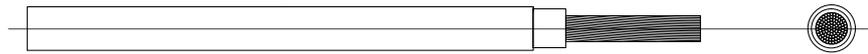
**□ Dimension Drawing**


# TOPSOLAR<sup>®</sup> PV H1Z2Z2-K

TÜV solar PV cable.

BASED ON: EN 50618 / IEC 62930 / UTE C 32-502

## DESIGN



### Conductor

Class 5 (flexible) tinned copper, based on EN 60228 and IEC 60228.

### Insulation

Low smoke zero halogen (LSHF) cross linked rubber insulation.

### Outer sheath

Low smoke zero halogen (LSHF) cross linked rubber outer sheath, red or black colour.

## APPLICATIONS

The Topsolar<sup>®</sup> PV H1Z2Z2-K cable, which is TÜV certified according to IEC 62930 and EN 50618, is suitable for both fixed and mobile solar installations (solar farms, rooftop solar installations and floating plants).

It is a highly flexible cable compatible with all major connectors and specially designed for the connection of photovoltaic panels. This versatile single-conductor cable is designed to meet the varying needs of the solar industry. Suitable for wet, damp and humid locations.

- Solar PV installations - string cable.

PV WIRE ALSO  
AVAILABLE



More information at: [www.topcable.com](http://www.topcable.com)

TOP CABLE TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K

## FEATURES



### Electrical performance

Low voltage 1,5/1,5 1kV (1,8) kV DC.  
1,0/1,0 kV ( $U_0/U$ ).



### Based on

EN 50618/ IEC 62930 / UTE C 32-502.



### Standards and approvals

TÜV / RETIE / RoHS / CE.



### CPR (Construction Products Regulation)

$C_{ca}$  -s1b, d2, a1.



### Thermal performance

Maximum service temperature: 120°C.  
Maximum short-circuit temperature: 250°C (max. 5 s).  
Minimum service temperature: -40°C (fixed and protected installations).



### Fire performance

Flame non-propagation based on EN 60332-1 and IEC 60332-1-2.  
Fire non-propagation based on EN 50399.  
Reaction to fire CPR:  $C_{ca}$  -s1b, d2, a1, according to EN 50575.  
LSHF (Low Smoke Zero Halogen) based on UNE-EN 60754-1 and IEC 60754-1.  
Low smoke emission based on EN 61034 and IEC 61034: Light transmittance > 60%.  
Low corrosive gases emission based on UNE-EN 60754-2 and IEC 60754-2.



### Mechanical performance

Minimum bending radius: x5 cable diameter.  
Impact resistance: AG2 Medium severity.



### Chemical performance

Chemical & Oil resistance: Excellent.  
Grease & mineral oils resistance: Excellent.  
**UV** UV Resistant based on EN 50618.  
**O<sub>3</sub>** Ozone resistant based on EN 50618.



### Water performance

Water presence: AD8 submerged.



### Other

Meter by meter marking.  
Estimated lifetime 25 years based on EN 50618.  
 Optional: rodent proof and termite proof.



### Installation conditions

Open Air.  
Buried.  
On conduit.



### Packaging

Available in rolls (lengths of 100 m) and reels.

## SOLAR CABLES



TOPSOLAR® PV  
H1ZZZ2-K



TOPSOLAR® PV  
H1ZZZ2-K DUAL



TOPSOLAR® PV  
AL 1500 V



TOPSOLAR® PV  
AL 2kV PV WIRE

## DECLARATION OF PERFORMANCE DECLARACIÓN DE PRESTACIONES

DoP Nr/ n°: **TC054** Rev.1



**Code of the product-type / Código de producto tipo:**  
TOPSOLAR PV C H1Z2Z2-K

**Identification of the product / Identificación del producto de construcción:**  
H1Z2Z2-K full range according to EN 50618

**Intended use/s: / Uso/s previsto/s:**

Supply of electricity in buildings and other civil engineering works with the objective of limiting the generation and spread of fire and smoke. Power Cables.

*Suministro de electricidad en edificios y otras obras de ingeniería civil con el objetivo de limitar la generación y propagación de fuego y humo. Cables de potencia.*

**Authorized representative: / Representante autorizado:** N/A

**System/s of AVCP: / Sistema/s de EVCP:**

System 1+ / Sistema 1+

**Harmonized standard: / Norma armonizada:**

EN 50575:2014 and EN 50575:2014/A1: 2016

**Notified body/ies: / Organismo/s notificado/s:**

AENOR – 0099

**Manufacturer / Fabricante:**

TOP CABLE S.A.  
Leonardo da Vinci, 1  
08191 Rubí (Barcelona) SPAIN  
Tel. +34 93 588 09 11  
Fax: +34 93 588 04 11  
Email: [ventas@topcable.com](mailto:ventas@topcable.com)

Notified product certification body issued the Certificate of Constancy of Performances for characteristics of reaction to fire.

*Organismo notificado de certificación de producto que ha emitido el Certificado de Constancia de las Prestaciones para las características de reacción al fuego.*

**Declared performances: / Prestaciones declaradas:**

Essential characteristics / Características esenciales

Reaction to fire / Reacción al fuego

Dangerous substances / sustancias peligrosas

Performance / Prestaciones

**C<sub>ca</sub> - s1b, d2, a1**

NPD (Non Performance declaration / Prestación no determinada)

The performance of the product identified above is in conformity with the set of declared performances. This declaration of performance is issued, in accordance with Regulation (EU) No 305/2011, under the sole responsibility of the manufacturer identified above.

*Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) n° 305/2011, bajo la responsabilidad exclusiva del fabricante arriba identificado.*

**Signed for and on behalf of the manufacturer by / Firmado por y en nombre del fabricante por:**

Felipe DIAZ RUBIO,  
Technical Department



Rubí (Barcelona) Spain, 30/04/2020

# Zertifikat

# Certificate



Zertifikat Nr. *Certificate No.*  
R 60113828

Blatt *Page*  
0001

Ihr Zeichen *Client Reference*

Unser Zeichen *Our Reference*

Ausstellungsdatum

*Date of Issue*

0010--21243325 001

13.10.2016

*(day/mo/yr)*

Genehmigungsinhaber *License Holder*

TOP CABLE S.A.  
P.A.E. Can Sant Joan  
Leonardo da Vinci 1  
08191 Rubi - Barcelona  
Spain

Fertigungsstätte *Manufacturing Plant*

AKAN Cables S.L.  
P.L. Plans de la Sala, Parcela 11  
08650 Barcelona  
Spain

Prüfzeichen *Test Mark*

Geprüft nach *Tested acc. to*

EN 50618:2014



Zertifiziertes Produkt (Geräteidentifikation)

*Certified Product (Product Identification)*

Lizenzentgelte - Einheit

*License Fee - Unit*

PV-Cables

Identification: TOPSOLAR PV H1Z2Z2-K  
Code designation: H1Z2Z2-K  
Rated diameter: 2,5 mm<sup>2</sup>; 4,0 mm<sup>2</sup>; 6,0 mm<sup>2</sup>;  
10,0 mm<sup>2</sup>; 16,0 mm<sup>2</sup>; 25,0 mm<sup>2</sup>  
Rated voltage: AC U0/U 1,0/1,0 kV  
Rated voltage: DC 1500 V (conductor-conductor and  
conductor-earth)  
Max. permitted voltage: DC 1,8 kV  
Light transmission: 82,1 %  
Ambient temperature: -40 °C to +90 °C  
max. Core temperature: +120 °C @ 20.000 h  
Material of Insulation: Halogene Free thermosetting rubber  
Material of Sheath: Halogene Free thermosetting rubber  
Colour of Sheath: black

16

16

Dem Zertifikat liegt unsere Prüf- und Zertifizierungsordnung zugrunde und es bestätigt die Konformität des Produktes mit den oben genannten Standards und Prüfgrundlagen. Zusätzliche Anforderungen in Ländern, in denen das Produkt in Verkehr gebracht werden soll, müssen zusätzlich betrachtet werden. Die Herstellung des zertifizierten Produktes wird überwacht.  
This certificate is based on our Testing and Certification Regulation and states the conformity of the product with the standards and testing requirements as indicated above. Any additional requirements in countries where the product is going to be marketed have to be considered additionally. The manufacturing of the certified product is subject to surveillance.

TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Tel.: +49 221 806-1371 e-mail: cert-validity@de.tuv.com  
Fax: +49 221 806-3935 http://www.tuv.com/safety

Zertifizierungsstelle



Guido Volberg

# Zertifikat

# Certificate



Zertifikat Nr. *Certificate No.*  
R 60113828

Blatt *Page*  
0002

Ihr Zeichen *Client Reference*

Unser Zeichen *Our Reference*  
0010--21243325 002

Ausstellungsdatum  
29.11.2016

*Date of Issue*  
(day/mo/yr)

Genehmigungsinhaber *License Holder*

TOP CABLE S.A.  
P.A.E. Can Sant Joan  
Leonardo da Vinci 1  
08191 Rubi - Barcelona  
Spain

Fertigungsstätte *Manufacturing Plant*

AKAN Cables S.L.  
P.L. Plans de la Sala, Parcela 11  
08650 Barcelona  
Spain

Prüfzeichen *Test Mark*



Type Approved  
Safety  
Regular Production  
Surveillance

www.tuv.com  
ID 1111210601

Geprüft nach *Tested acc. to*  
EN 50618:2014

Zertifiziertes Produkt (Geräteidentifikation)  
*Certified Product (Product Identification)*

Lizenzentgelte - Einheit  
*License Fee - Unit*

PV-Cables

as page 0001  
Amendment

additional Colour of sheath: RED

Dem Zertifikat liegt unsere Prüf- und Zertifizierungsordnung zugrunde und es bestätigt die Konformität des Produktes mit den oben genannten Standards und Prüfgrundlagen. Zusätzliche Anforderungen in Ländern, in denen das Produkt in Verkehr gebracht werden soll, müssen zusätzlich betrachtet werden. Die Herstellung des zertifizierten Produktes wird überwacht.  
This certificate is based on our Testing and Certification Regulation and states the conformity of the product with the standards and testing requirements as indicated above. Any additional requirements in countries where the product is going to be marketed have to be considered additionally. The manufacturing of the certified product is subject to surveillance.

TÜV Rheinland LGA Products GmbH, Tillystraße 2, 90431 Nürnberg

Tel.: +49 221 806-1371 e-mail: cert-validity@de.tuv.com  
Fax: +49 221 806-3935 http://www.tuv.com/safety

Zertifizierungsstelle



Guido Volberg

## DECLARATION OF PERFORMANCE DECLARACIÓN DE PRESTACIONES

DoP Nr/ n°: **TC054** Rev.1



**Code of the product-type / Código de producto tipo:**  
TOPSOLAR PV C H1Z2Z2-K

**Identification of the product / Identificación del producto de construcción:**  
H1Z2Z2-K full range according to EN 50618

**Intended use/s: / Uso/s previsto/s:**

Supply of electricity in buildings and other civil engineering works with the objective of limiting the generation and spread of fire and smoke. Power Cables.

*Suministro de electricidad en edificios y otras obras de ingeniería civil con el objetivo de limitar la generación y propagación de fuego y humo. Cables de potencia.*

**Authorized representative: / Representante autorizado:** N/A

**System/s of AVCP: / Sistema/s de EVCP:**

System 1+ / Sistema 1+

**Harmonized standard: / Norma armonizada:**

EN 50575:2014 and EN 50575:2014/A1: 2016

**Notified body/ies: / Organismo/s notificado/s:**

AENOR – 0099

**Manufacturer / Fabricante:**

TOP CABLE S.A.  
Leonardo da Vinci, 1  
08191 Rubí (Barcelona) SPAIN  
Tel. +34 93 588 09 11  
Fax: +34 93 588 04 11  
Email: [ventas@topcable.com](mailto:ventas@topcable.com)

Notified product certification body issued the Certificate of Constancy of Performances for characteristics of reaction to fire.

*Organismo notificado de certificación de producto que ha emitido el Certificado de Constancia de las Prestaciones para las características de reacción al fuego.*

**Declared performances: / Prestaciones declaradas:**

Essential characteristics / Características esenciales

Reaction to fire / Reacción al fuego

Dangerous substances / sustancias peligrosas

Performance / Prestaciones

**C<sub>ca</sub> - s1b, d2, a1**

NPD (Non Performance declaration / Prestación no determinada)

The performance of the product identified above is in conformity with the set of declared performances. This declaration of performance is issued, in accordance with Regulation (EU) No 305/2011, under the sole responsibility of the manufacturer identified above.

*Las prestaciones del producto identificado anteriormente son conformes con el conjunto de prestaciones declaradas. La presente declaración de prestaciones se emite, de conformidad con el Reglamento (UE) n° 305/2011, bajo la responsabilidad exclusiva del fabricante arriba identificado.*

**Signed for and on behalf of the manufacturer by / Firmado por y en nombre del fabricante por:**

Felipe DIAZ RUBIO,  
Technical Department



Rubí (Barcelona) Spain, 30/04/2020

## 2.1.2. Intensidades admisibles y métodos de instalación

El paso del tiempo ha demostrado que había excesiva simplificación para la diversidad de modos de instalaciones eléctricas en edificios, que se utilizan en la práctica, lo que hacía necesarias unas tablas de cargas más ajustadas a la realidad.

Esta necesidad motivó la publicación de la norma UNE 20460 - "Instalaciones Eléctricas en Edificios", que es una adaptación del Documento de Armonización del CENELEC HD-384 que, a su vez, se corresponde con la recomendación del Comité Electrotécnico Internacional IEC 364. Las intensidades admisibles para cables en instalaciones en edificios se venían recogiendo en la norma UNE 20460-5-523 hasta que en 2014 fue publicada la UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) que es la versión actualmente vigente y de aplicación según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), ITC-BT 19. Las intensidades admisibles de los cables descritos en este apartado se ajustan al contenido de la norma en vigor.

**NOTA:** En este catálogo figuran tablas en las que se alude a cables tripolares o a tres cables unipolares. Por cable tripolar se entiende cable multiconductor con 3 conductores cargados (típicamente en trifásica). Así por ejemplo un cable 5G16 en una instalación trifásica es un cable tripolar a efectos de las tablas de cargas porque, salvo influencia significativa de los armónicos, sólo llevará cargados los conductores de las 3 fases.

Cuando se habla de tres cables unipolares, análogamente nos referimos a una línea con 3 cables activos de un solo conductor, al margen de que en el circuito haya otros conductores considerados no activos (neutro sin armónicos y/o "tierra").



Cable unipolar



Cable multipolar (5 conductores) para trifásica (3 conductores activos si la línea está exenta de armónicos).

### Modos de instalación

La tabla A.52.3 de la norma UNE HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52), relaciona los "modos de instalación", haciéndolos corresponder a unas instalaciones "tipo", cuya capacidad de disipación del calor generado por las pérdidas es similar a aquellos, por lo que se pueden agrupar en una determinada tabla de cargas común (tabla C.52.1 bis) para todos los modos que se adaptan a la misma instalación tipo.

**Tabla A.52.3**  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo"

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
1		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en paredes térmicamente aislantes.	A1

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

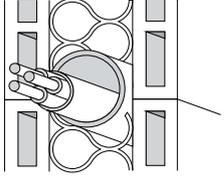
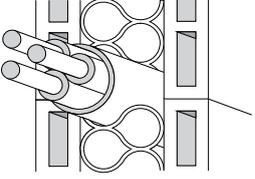
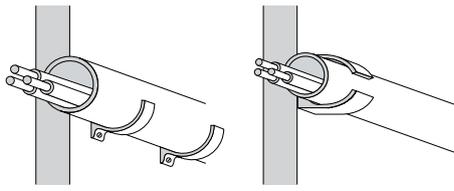
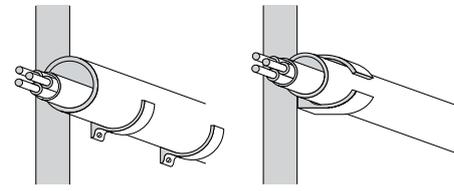
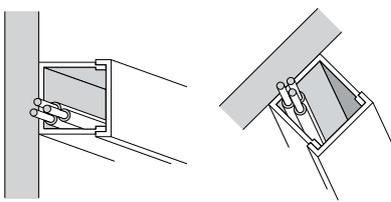
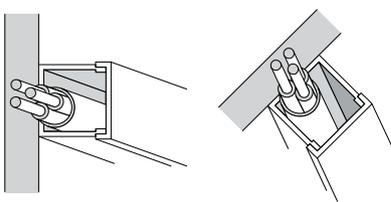
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
2		Cable multiconductor en conductos empotrados en una pared térmicamente aislante.	A2
3		Cable multiconductor empotrado directamente en una pared térmicamente aislante.	A1
4		Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B1
5		Cable multiconductor en conducto sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto.	B2
6 7		Conductores aislados o cables unipolares en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B1
8 9		Cable multiconductor en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B2

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

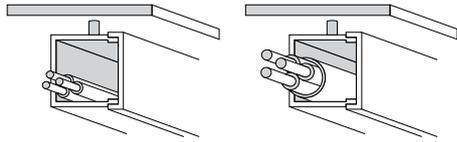
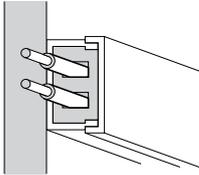
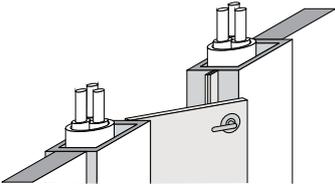
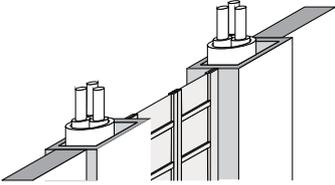
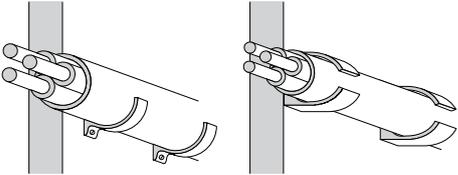
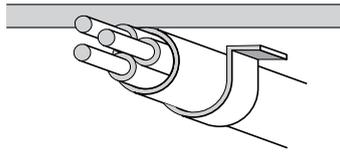
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
10 11		Conductores aislados en canal protectora suspendida. Cable multiconductor en canal protectora suspendida.	B1 B2
12		Conductores aislados o cables unipolares en molduras.	A1
15		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en arquitrave.	A1
16		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en los marcos de ventana.	A1
20		Cables unipolares o multipolares fijados sobre una pared de madera o espaciados menos de 0,3 veces el diámetro del cable de la pared.	C
21		Cables unipolares o multipolares fijados bajo un techo de madera o mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	C

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

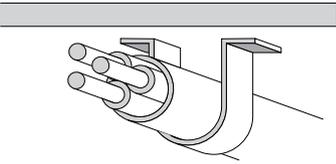
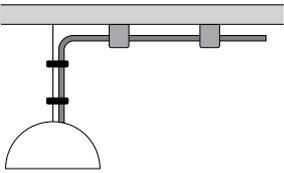
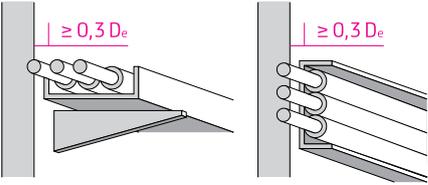
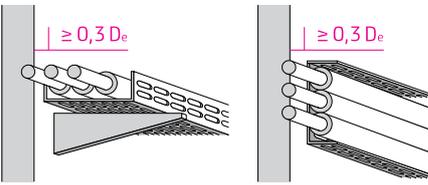
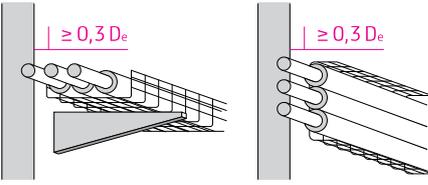
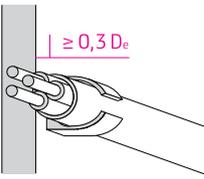
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
22		Cables unipolares o multipolares separados del techo.	En estudio (se recomienda E)
23		Instalación fija de un receptor suspendido.	C
30		Cables unipolares o multipolares sobre bandejas de cables no perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	C
31		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre bandejas perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
32		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre soportes o bandeja rejilla: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
33		Cables unipolares (F) o multipolares (E) separados de la pared más 0,3 veces el diámetro del cable.	E o F

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

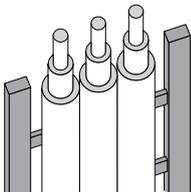
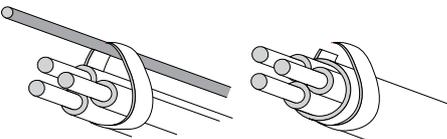
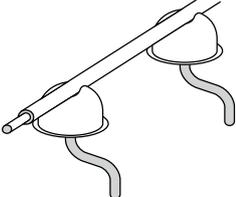
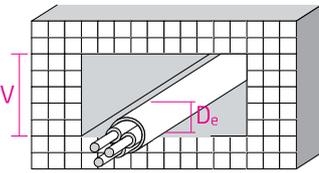
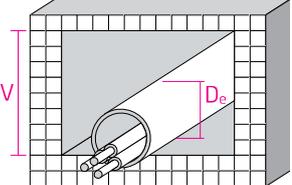
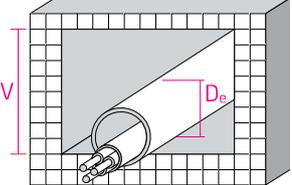
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
34		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre escaleras de cables.	<b>E o F</b>
35		Cables unipolares (F) o multipolar (E) suspendido.	<b>E o F</b>
36		Conductores desnudos o aislados sobre aisladores.	<b>G</b>
40		Cables unipolares o multipolares en hueco de construcción.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5,0 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B1</b>
41		Conductores aislados en conductos circulares en hueco de construcción.	$1,5 D_o \leq V < 20 D_o$ <b>B2</b> $V < 20 D_o$ <b>B1</b>
42		Cables unipolares o multipolares en conductos circulares en hueco de construcción.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_o \leq V < 20 D_o$ <b>B2</b> $V < 20 D_o$ <b>B1</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

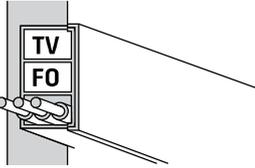
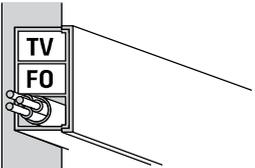
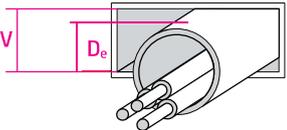
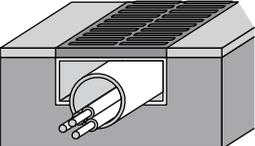
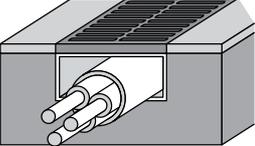
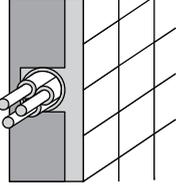
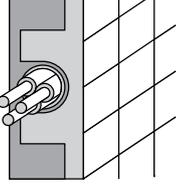
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
52		Conductores aislados o cables unipolares en canal empotrada	<b>B1</b>
53		Cable multiconductor en canal empotrada.	<b>B2</b>
54		Conductores aislados o cables unipolares en tubo en canal de obra, no ventilada, en recorrido horizontal o vertical.	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
55		Conductores aislados en tubo, en canal de obra abierta o ventilada en el suelo.	<b>B1</b>
56		Cables unipolares o multipolares en canal de obra abierta o ventilada de recorrido horizontal o vertical.	<b>B1</b>
57		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W sin protección mecánica complementaria.	<b>C</b>
58		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W con protección mecánica complementaria.	<b>C</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

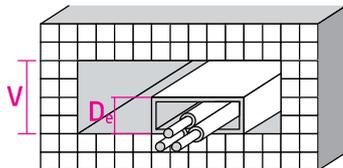
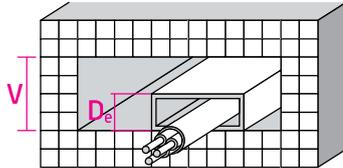
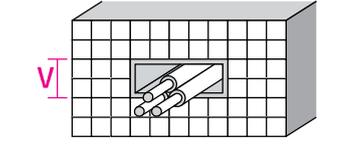
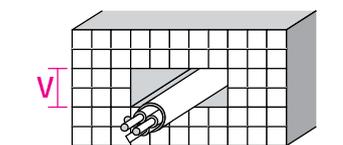
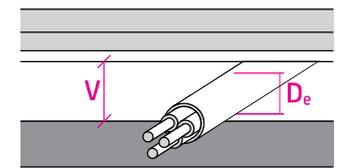
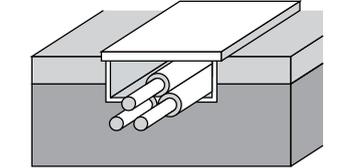
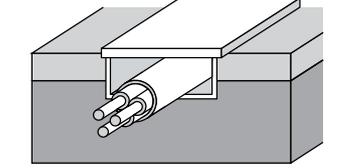
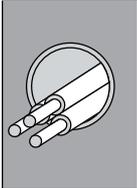
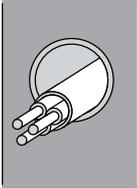
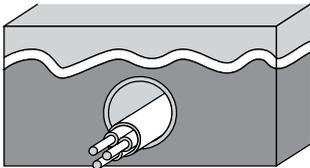
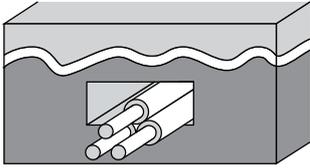
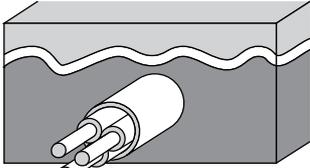
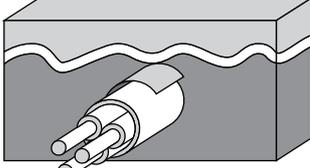
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
43		Conductores aislados en conductos no circulares en hueco de construcción.	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
44		Cables unipolares o multipolares en conductos no circulares en vacíos de construcción.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
45		Conductores aislados en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5 D_e \leq V < 50 D_e$ <b>B1</b>
46		Cables unipolares o multipolares en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
47		Cables unipolares o multipolares en hueco en el techo o en los suelos suspendidos.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5 D_e \leq V < 50 D_e$ <b>B1</b>
50		Conductores aislados o cables B1 unipolares en canales empotrados en el suelo.	<b>B1</b>
51		Cable multiconductor en canales B2 51 empotrados en el suelo.	<b>B2</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
59		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	B1
60		Cables multiconductores en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	B2
70		Cable multiconductor en tubo o en conducto enterrado cerrado de sección no circular.	D1
71		Cables unipolares en tubo o en conducto enterrado.	D1
72		Cables unipolares o multipolares enterrados <i>sin</i> protección mecánica complementaria.	D2
73		Cables unipolares o multipolares enterrados <i>con</i> protección mecánica complementaria.	D2

Así pues, sólo habrá que considerar las tablas de carga de las diez instalaciones "tipo" (A1, A2, B1, B2, C, D1, D2, E, F y G) con las que se identificarán los distintos "métodos de instalación" mencionados.

Debe recordarse que el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) denomina "conductores aislados" a los conductores aislados sin cubierta como, por ejemplo, los cables

### WIREPOL CPRO RÍGIDO, WIREPOL CPRO FLEXIBLE o AFUMEX CLASS 750 V (AS)

Se trata de cables que, en el mejor de los casos presentan un nivel de aislamiento de 450/750 V y siempre serán unipolares, lo que limita su campo de aplicación a su "instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos".



Por otro lado, cuando se alude a los cables, se refiere siempre a conductores aislados con una cubierta adicional como, por ejemplo, los cables

### RETENAX CPRO FLEX o AFUMEX CLASS 1000 V (AS)

tanto unipolares como multipolares.



## 2.1.3. Intensidades admisibles

La posibilidad de empleo de uno u otro tipo de cable lo determinará el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, de acuerdo con las características de la instalación. Como se puede observar, la tabla C.52.1 bis - Intensidades admisibles (en A) al aire (40 °C) de la norma UNE-HD 60364-5-52 (2014), que se reproduce en la página 54, presenta 18 columnas entre las que, según cual sea el "tipo" de instalación al que se corresponda el "método de instalación" adoptado, el número de conductores cargados del circuito y la naturaleza del aislamiento, se tomará de la columna de cargas adecuada al caso que se trate.

Estas tablas se han confeccionado para las condiciones estándares de instalaciones al aire: un solo circuito a 40 °C de temperatura ambiente a la sombra y temperaturas máximas en el conductor de 70 °C para los aislamientos tipo termoplásticos, (PVC, poliolefinas Z1...) y de 90 °C para los termoestables, (XLPE, EPR, poliolefinas Z...).

Se observa que para instalaciones en el interior de edificios, no se distingue entre cables de tensión asignada 450/750 V ó 0,6/1 kV, ya que las resistividades térmicas de ambos son comparables y sólo varían de manera notable cuando se compara un "conductor aislado", que sólo tiene aislamiento, y un "cable" que dispone de aislamiento y cubierta, extremo que ya se ha tenido en cuenta al definir la instalación "tipo". Por tanto, para una determinada instalación "tipo", lo que define la tabla de cargas a considerar será el número de conductores activos, dos en monofásico o continua, o tres en trifásico, y la naturaleza del material aislante del conductor, termoplástico (PVC o de similar comportamiento térmico), o termoestable (XLPE o de

similar comportamiento térmico), que determina la temperatura máxima admisible en el conductor en régimen permanente.

Para elegir correctamente el tipo de cable en la tabla C.52.1 bis, hay que tener en cuenta la siguiente división entre cables termoplásticos (PVC) y termoestables (XLPE):

El número 2 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay dos conductores activos (típicamente fase y neutro de instalaciones monofásicas, el conductor de protección no se considera activo).

El número 3 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay tres conductores activos (típicamente las 3 fases en suministros trifásicos. El neutro y el conductor de protección no se consideran activos normalmente en este tipo de instalaciones). Existe una consideración especial para neutros cargados por la influencia de los armónicos; este aspecto viene detallado en el anexo E de la UNE-HD 60364-5-52 (2014).

## Cables termoplásticos (70 °C temperatura máxima en conductor)

<b>AFUMEX CLASS 500 V (AS)</b>	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS 750 V (AS)</b>	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS HAZ (AS)</b>	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS Paneles Rígido (AS)</b>	H07Z1-R TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)</b>	Z1Z1-K (AS)
<b>BLINDEX PROTECH 500 V (AS)</b>	Z1C4Z1-K (AS)
<b>BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)</b>	Z1C4Z1-K (AS)
<b>WIREPOL CPRO Flex</b>	H05V-K / H07V-K
<b>WIREPOL CPRO Rígido</b>	H05V-U / H07V-U / H07V-R
<b>WIREPOL CPRO GAS</b>	H05VV-F
<b>SINTENAX CPRO AG</b>	H05VV-F
<b>SINTENAX CPRO 1000 V</b>	VV-K
<b>DATAx LiYCY CPRO</b>	LiYCY

## Cables termoestables (90 °C temperatura máxima en conductor)

<b>AFUMEX PANELES Flex</b>	H05Z-K / H07Z-K
<b>AFUMEX CLASS 1000 V (AS)</b>	RZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS MANDO (AS)</b>	RZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS FIRS (AS+)</b>	mRZ1-K (AS+)
<b>AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)</b>	SOZ1-K (AS+)
<b>AFUMEX CLASS VARINET RZ1C4OZ1-K VFD 1 kV (AS)</b>	RZ1C4OZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS ATEX (AS)</b>	RZ1MZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)</b>	RZ1MZ1-K 2RH (AS)
<b>AFUMEX EXPO</b>	H07ZZ-F
<b>AL AFUMEX CLASS (AS)</b>	AL RZ1 (AS)
<b>PRYSMIAN PRYSOLAR</b>	H1Z2Z2-K
<b>TECSUN</b>	H1Z2Z2-K
<b>RETENAX CPRO Flex</b>	RV-K
<b>RETENAX CPRO Rígido</b>	RV (XV)
<b>RETENAX FLAM F</b>	RVFV
<b>FLEXTREME MAX</b>	H07RN-F / DN-F
<b>BUPRENO BOMBAS SUMERGIDAS</b>	DN-F BOMBAS SUMERGIDAS
<b>AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)</b>	AL XZ1 (S)
<b>AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)</b>	AL XZ1 (AS)
<b>AL POLIRRET CPRO</b>	AL RZ
<b>POLIRRET FERIECX CPRO</b>	RZ

Tabla C.52.1 bis

Intensidades admisibles en amperios al aire (40°C)

Método de instalación tipo según tabla 52-B2	Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores gargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																							
	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
A1	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
A2	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
B1	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
B2	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
C	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
D1/D2*	Ver siguiente tabla																							
E	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
F	PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)			PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)		
	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13					
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25					
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34	36					
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	38	40	44	46	48					
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59					
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82					
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110					
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146					
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182					
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220					
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282					
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343					
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397					
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458					
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523					
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617					
300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713						
Aluminio	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25						
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34						
	6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44						
	10	26	27	31	33	35	38	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	66						
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82						
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98						
	35				74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122						
	50				90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149						
	70				115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192						
	95				140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233						
	120				161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273						
	150					187	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314						
	185					212	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361						
	240					248	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427						
	300					285		313		331		366		400		429	462	494						

NOTA: con fondo naranja figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios). Los valores con fondo azul no figuran en la tabla original. Han sido calculados con los criterios de la propia norma UNE-HD 60364-5-52. Los valores con fondo amarillo no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52, por lo que se ha recurrido al método de cálculo de la última versión internacional de la norma IEC 60364-5-52, que curiosamente no ha eliminado el método de cálculo como se ha hecho en la versión UNE-HD.

Tabla C.52.2 bis

Cables en tendidos enterrados directamente o bajo tubo. Temperatura 25 °C y resistividad térmica 2,5 K·m/W.

Métodos D1/D2	Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349	
	XLPE3	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295	

# CONECTOR SOLAR FV TIPO MC4 AÉREO

Fig. 1



Fig. 2



Fig. 1

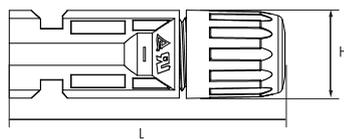
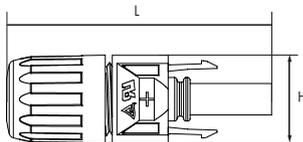
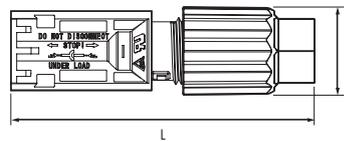
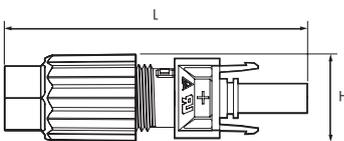


Fig. 2



## Datos técnicos

Fig.	Tipo	Sección (mm <sup>2</sup> )	Voltaje (Vdc)	Corriente (A)	L (mm)	H (mm)	Art. N°	U/E
1	Macho	2,5 - 4 - 6	1000	30	56,4	19,3	<b>0978 600 024</b>	50
	Hembra				58,2	19,3	<b>0978 600 025</b>	
2	Macho		1500		69,2	20,7	<b>0978 600 026</b>	
	Hembra		71,3		20,7	<b>0978 600 027</b>		



**1** Cortar y pelar cable (15mm aprox.)



**2** Crimpar el pin al cable



**3** Introducir tuerca



**4** Hacer presión hasta que haga click



**5** Apretar el conector

## Nota

Los conectores de 1500 Vdc incluyen una llave especial para la desconexión de 2 conectores instalados

## Conector fotovoltaico MC4 tipo aéreo

### Características

- Diseñado para uso en exteriores (IP67).
- Resistencia de contacto <math>< 1\text{ m}\Omega</math>.
- Clase de seguridad II.
- Materiales de aislamiento: PPO+PA.
- Material de contacto: cobre estañado.
- Retardante a la llama: UL94V-0.
- Conexión mediante crimpado.
- Temperatura de trabajo:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $+85^{\circ}\text{C}$ .
- Conforme normas EN 62852 y IEC 62852.
- Homologado por la TÜV Rheinland.

### Aplicación

- Utilizado en todo tipo de instalaciones fotovoltaicas, especialmente en el conexionado de series de paneles solares, inversores, etc.

### Productos relacionados:

#### Crimpadora

Art. N° 0714 107 300

#### Matriz crimpado MC4

Art. N° 0714 107 328

#### Pelacables cable solar

Art. N° 0714 107 331

#### Llave conectores 1000V

Art. N° 0978 600 036

#### Tapones protección

Art. N° 0978 600 035



# Velocidades de viento

Soporte coplanar microrail para cubierta metálica

**05V**  
Sistema kit

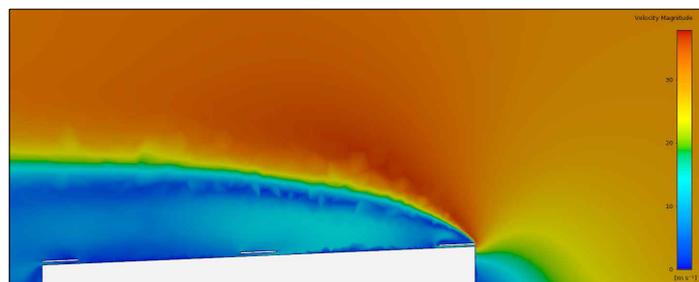


**SUNFER**

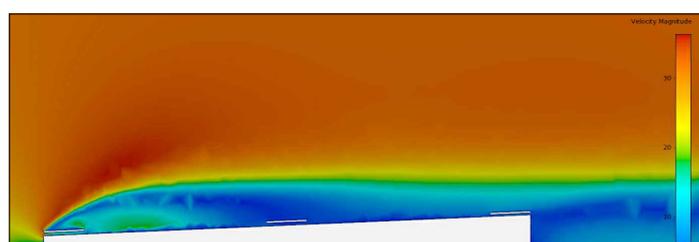
- **Cargas de viento:** Según túnel del viento en modelo computacional CFD
- **Cálculo estructural:** Modelo computacional comprobado mediante EUROCÓDIGO 9 "PROYECTO ESTRUCTURAS DE ALUMINIO"

Cargas máximas						
Velocidad del viento (Km/h)	110	130	150	180	210	250
Greca (mm)	Nieve max (Kg/m <sup>2</sup> )					
150	207	199	190	175	156	133
200	142	135	125	110	90	17
250	106	98	89	73	19	No cumple
300	82	74	65	34	No cumple	No cumple

Tabla 1 - Cargas máximas admisibles en función de la distancia entre greclas y la velocidad del viento y cargas de nieve.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje.

Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

## ANEXO

### Resultados del etiquetado de electricidad relativos a la energía producida en el año 2020

Expediente nº GDO/DE/001/21

#### 1. MEZCLA DE PRODUCCIÓN Y DE COMERCIALIZACIÓN “GENÉRICA”

Realizados los cálculos previstos en la Circular 1/2008<sup>1</sup>, de 7 de febrero, de la Comisión Nacional de Energía (hoy CNMC) de información al consumidor sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente, se obtiene la mezcla de energías de producción y de la comercialización “Genérica” (para todas aquellas comercializadoras que no hayan participado en el Sistema de Garantía de Origen), e igualmente, sus emisiones de CO<sub>2</sub> y los residuos de AA (alta actividad) asociados:

#### AÑO 2020<sup>2</sup>

	MIX PRODUCCIÓN	MIX COMERCIALIZADORA GENÉRICA
<b>MIX ENERGÍA</b>		
	%	%
Renovables	43,6%	6,0%
Cogeneración de Alta Eficiencia	3,7%	3,1%
Cogeneración	7,3%	12,6%
CC Gas Natural	17,9%	30,9%
Carbón	2,0%	3,5%
Fuel/Gas	1,7%	2,9%
Nuclear	22,8%	39,3%
Otras	1,0%	1,7%
<b>EMISIONES DE DIOXIDO DE CARBONO</b>		
	0,15	0,25
kg de dióxido de carbono por kWh	<b>D</b>	<b>G</b>
<b>RESIDUOS RADIATIVOS AA</b>		
	0,49	0,85
Miligramos por kWh	<b>D</b>	<b>G</b>

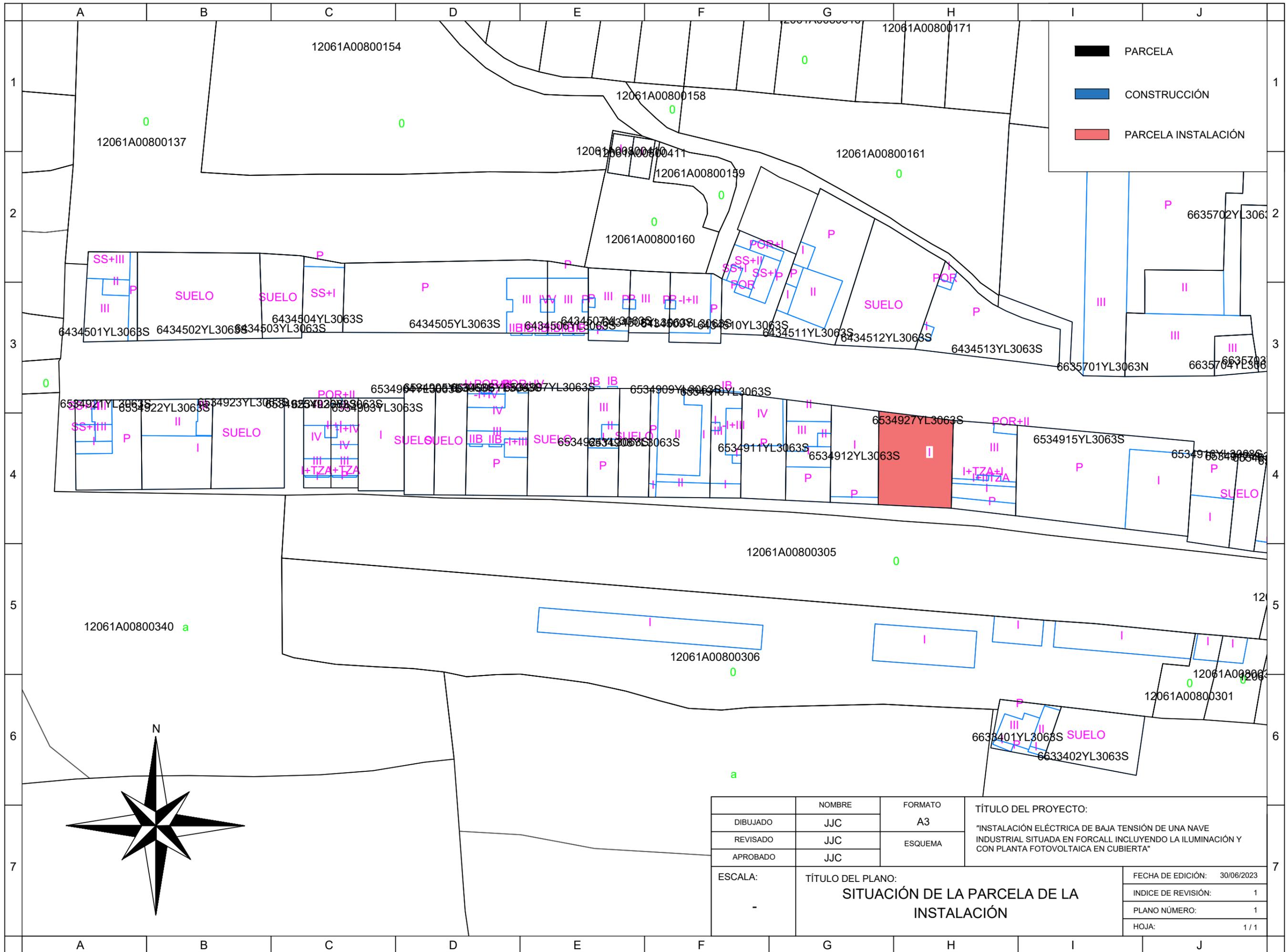
<sup>1</sup> Según lo establecido en la disposición transitoria única de la Circular 2/2021, de 10 de febrero, de la CNMC, por la que se establece la metodología y condiciones del etiquetado de la electricidad para informar sobre el origen de la electricidad consumida y su impacto sobre el medio ambiente.

<sup>2</sup> Entre las empresas comercializadoras genéricas, además de aquellas que no han adquirido garantías de origen, se encuentran todas las Comercializadoras de Referencia.

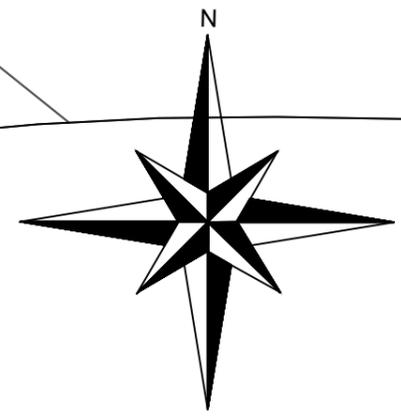


# Planos

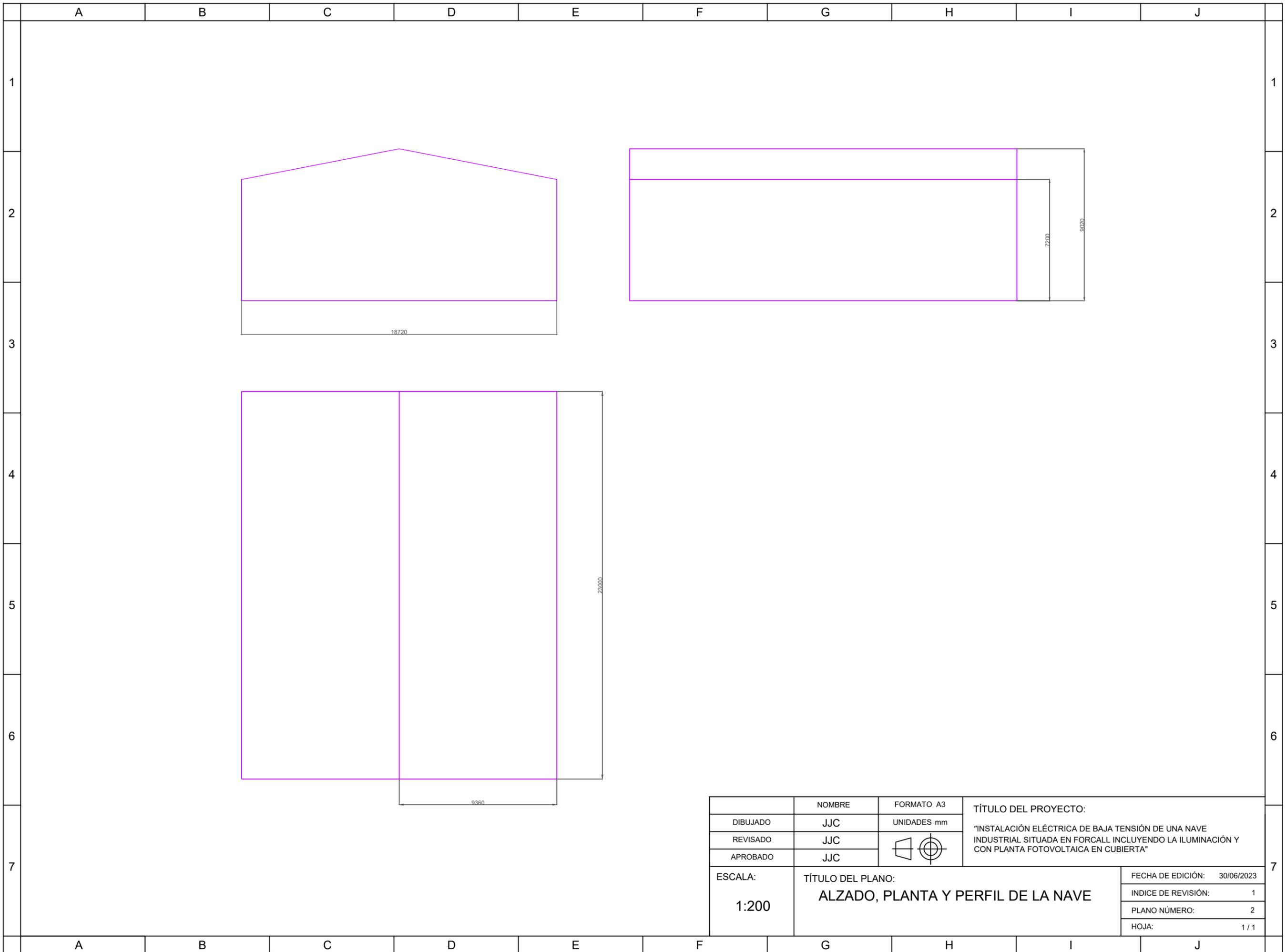


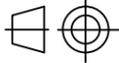


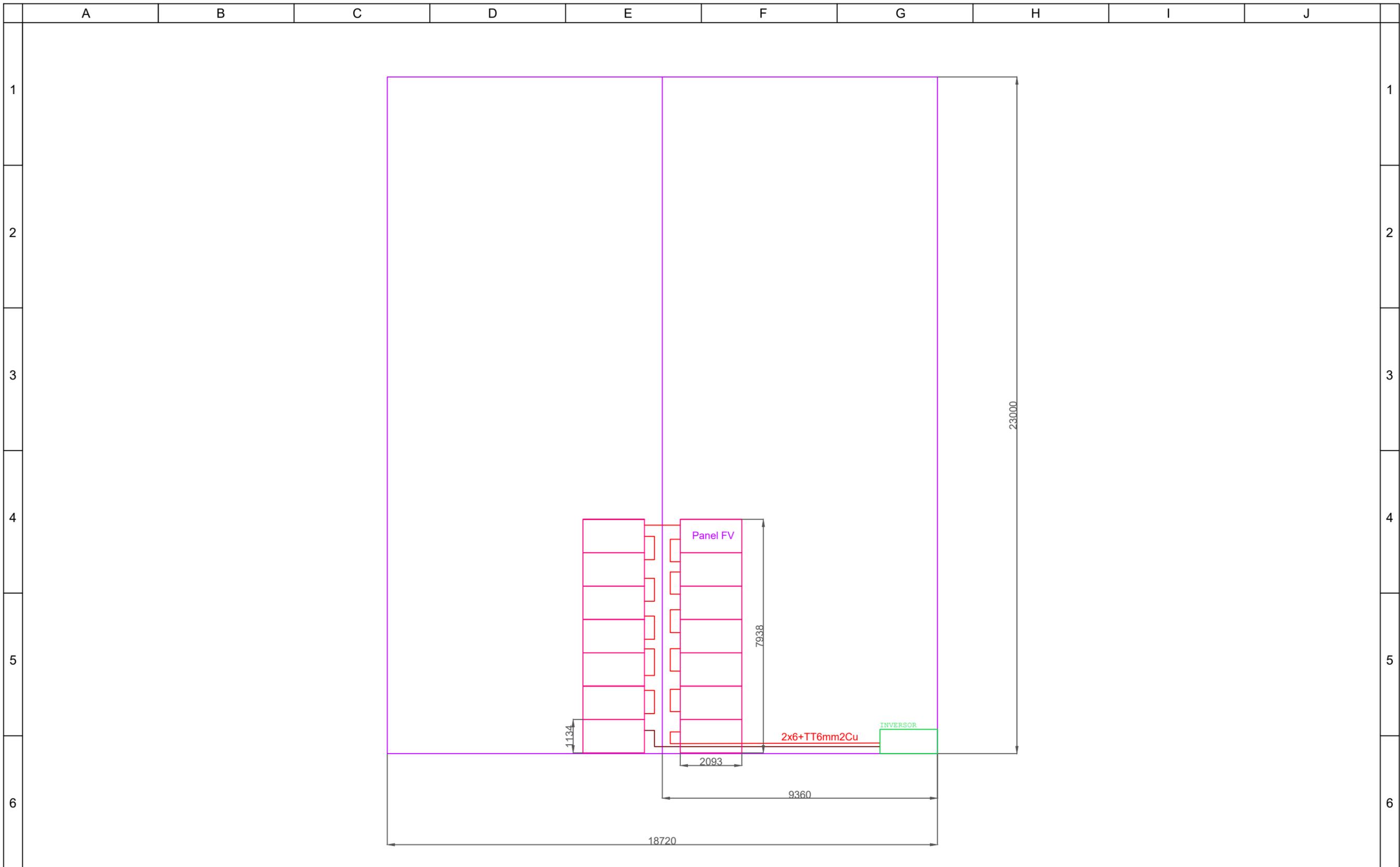
	PARCELA
	CONSTRUCCIÓN
	PARCELA INSTALACIÓN



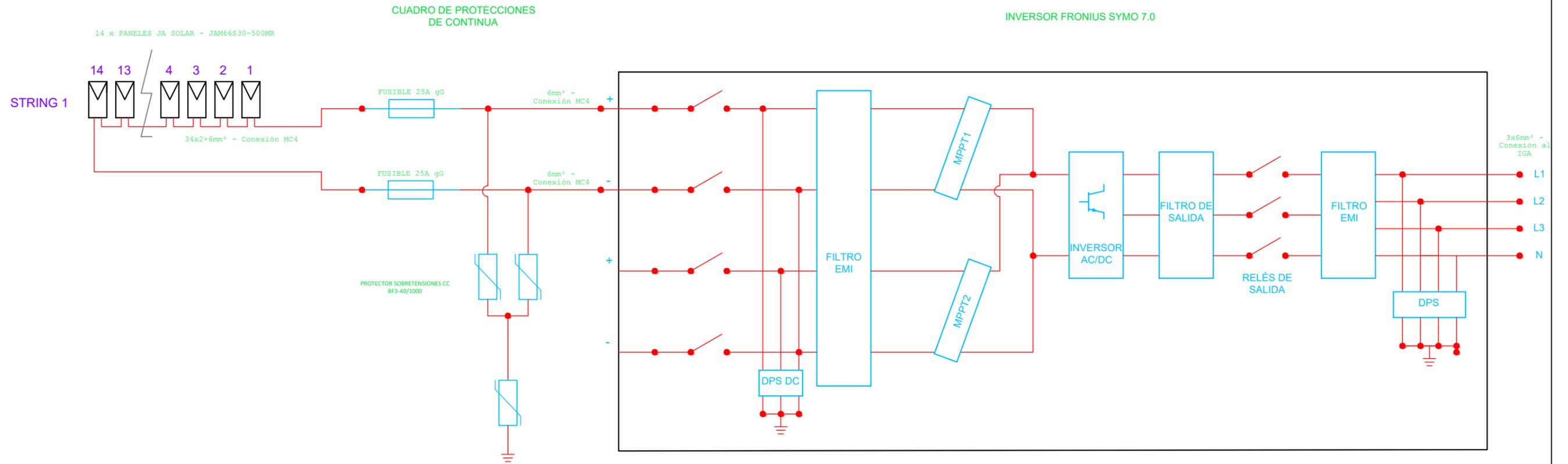
	NOMBRE	FORMATO	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	A3	
REVISADO	JJC	ESQUEMA	
APROBADO	JJC		
ESCALA: -	TÍTULO DEL PLANO: <b>SITUACIÓN DE LA PARCELA DE LA INSTALACIÓN</b>		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
			INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 1
			HOJA: 1 / 1



	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC		
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:200	TÍTULO DEL PLANO: ALZADO, PLANTA Y PERFIL DE LA NAVE		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
			INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 2
			HOJA: 1 / 1



	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC	ESQUEMA	
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:125	TÍTULO DEL PLANO: PLANTA DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
			INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 3
			HOJA: 1 / 1



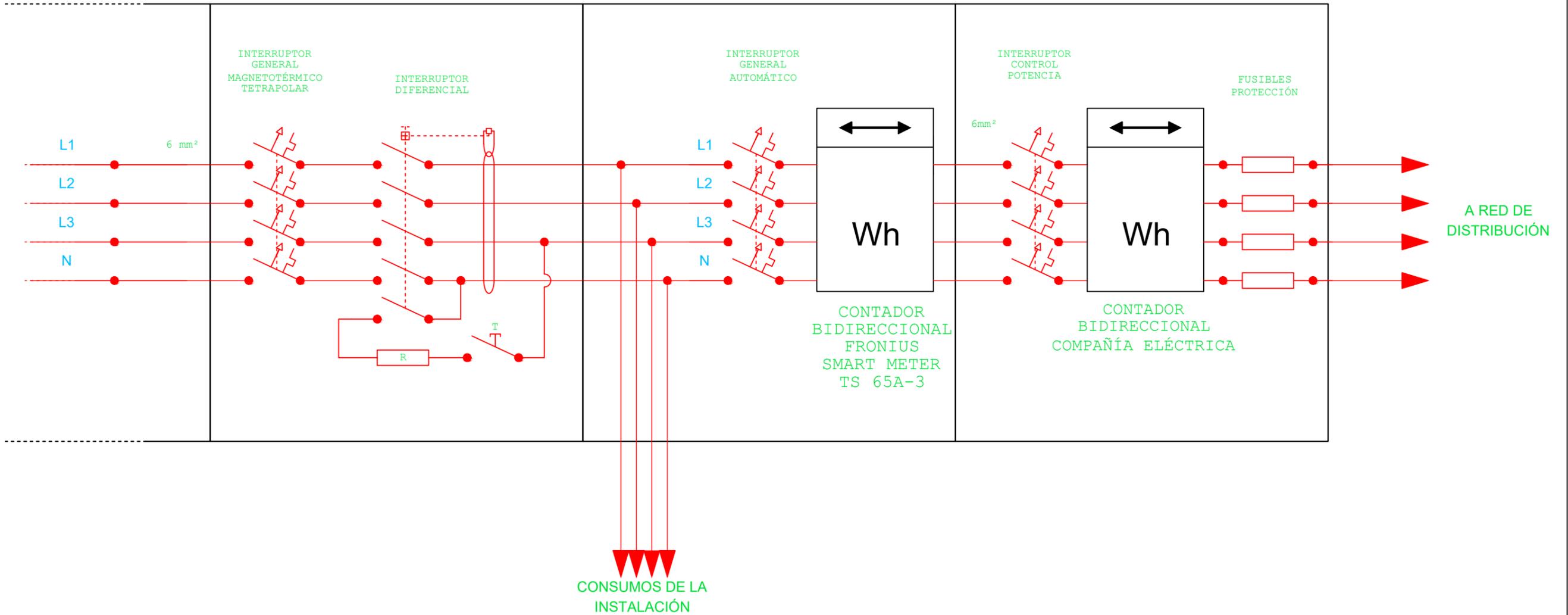
	NOMBRE	FORMATO	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	A3	
REVISADO	JJC	ESQUEMA ELÉCTRICO	
APROBADO	JJC		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
-	ESQUEMA ELÉCTRICO - PANELES A INVERSOR		INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 4
			HOJA: 1 / 1

INVERSOR FRONIUS  
SYMO 7.0

CUADRO DE PROTECCIÓN  
DE ALTERNA

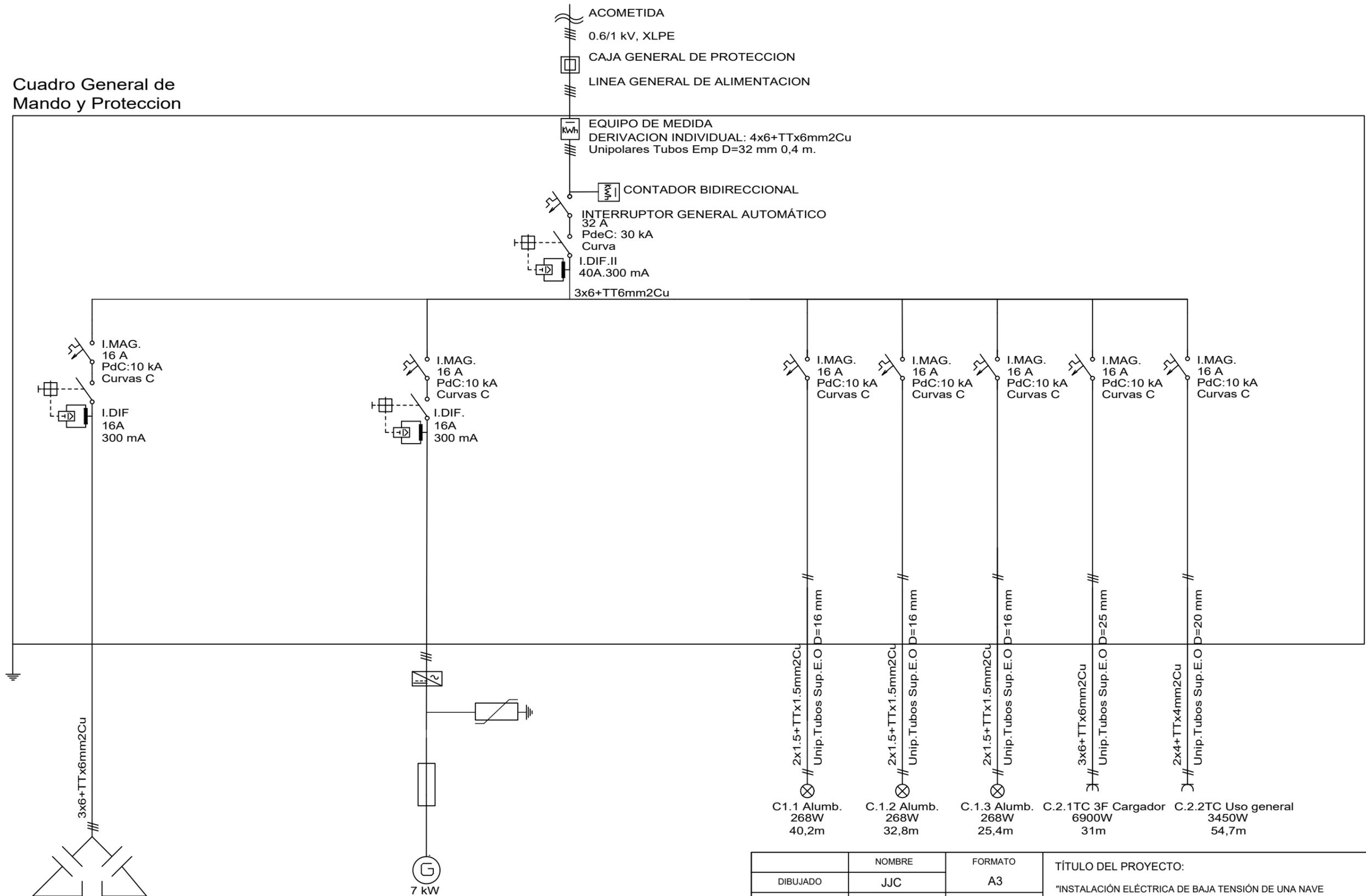
CUADRO GENERAL DE  
DISTRIBUCIÓN

CUADRO DE PROTECCIÓN  
Y MEDIDA



	NOMBRE	FORMATO	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	A3	
REVISADO	JJC	ESQUEMA ELÉCTRICO	
APROBADO	JJC		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
-	ESQUEMA ELÉCTRICO - INVERSOR A RED		INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 5
			HOJA: 1 / 1

**Cuadro General de Mando y Protección**



Bateria Condensadores  
1(Esc. 5 kVar)

7 kW

	NOMBRE	FORMATO	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	A3	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
-	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN		INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 8
			HOJA: 1 / 1



# **Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red**



# Índice

1. Objeto.....	127
2. Generalidades.....	130127
3. Definiciones .....	131
4. Diseño.....	133
5. Componentes y materiales.....	132
6. Recepción y pruebas.....	139
7. Cálculo de la producción anual esperada .....	140
8. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento .....	142

## 1. Objeto

- 1.1 Fijar las condiciones técnicas mínimas que deben cumplir las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a red que se realicen en el ámbito de actuación del IDAE (proyectos, líneas de apoyo, etc.). Pretende servir de guía para instaladores y fabricantes de equipos, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad, en beneficio del usuario y del propio desarrollo de esta tecnología.
- 1.2 Valorar la calidad final de la instalación en cuanto a su rendimiento, producción e integración.
- 1.3 El ámbito de aplicación de este Pliego de Condiciones Técnicas (en lo que sigue, PCT) se extiende a todos los sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos que forman parte de las instalaciones.
- 1.4 En determinados supuestos, para los proyectos se podrán adoptar, por la propia naturaleza de los mismos o del desarrollo tecnológico, soluciones diferentes a las exigidas en este PCT, siempre que quede suficientemente justificada su necesidad y que no impliquen una disminución de las exigencias mínimas de calidad especificadas en el mismo.

## 2. Generalidades

- 2.1. Este Pliego es de aplicación a las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de distribución. Quedan excluidas expresamente las instalaciones aisladas de la red.
- 2.2. Podrá, asimismo, servir como guía técnica para otras aplicaciones especiales, las cuales deberán cumplir los requisitos de seguridad, calidad y durabilidad establecidos. En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las características de estas aplicaciones.
- 2.3. En todo caso serán de aplicación todas las normativas que afecten a instalaciones solares fotovoltaicas, y en particular las siguientes:
  - 2.3.1. Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
  - 2.3.2. Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
  - 2.3.3. Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
  - 2.3.4. Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
  - 2.3.5. Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
  - 2.3.6. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).

- 2.3.7. Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- 2.3.8. Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- 2.3.9. Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- 2.3.10. Real Decreto 1578/2008, de 26 de septiembre, de retribución de la actividad de producción de energía eléctrica mediante tecnología solar fotovoltaica para instalaciones posteriores a la fecha límite de mantenimiento de la retribución del Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, para dicha tecnología.

### 3. Definiciones

#### 3.1 Radiación solar

##### 3.1.1 *Radiación solar*

Energía procedente del Sol en forma de ondas electromagnéticas.

##### 3.1.2 *Irradiancia*

Densidad de potencia incidente en una superficie o la energía incidente en una superficie por unidad de tiempo y unidad de superficie. Se mide en kW/m<sup>2</sup>.

##### 3.1.3 *Irradiación*

Energía incidente en una superficie por unidad de superficie y a lo largo de un cierto período de tiempo. Se mide en kWh/m<sup>2</sup>, o bien en MJ/m<sup>2</sup>.

#### 3.2 Instalación

##### 3.2.1 *Instalaciones fotovoltaicas*

Aquellas que disponen de módulos fotovoltaicos para la conversión directa de la radiación solar en energía eléctrica sin ningún paso intermedio.

##### 3.2.2 *Instalaciones fotovoltaicas interconectadas*

Aquellas que disponen de conexión física con las redes de transporte o distribución de energía eléctrica del sistema, ya sea directamente o a través de la red de un consumidor.

##### 3.2.3 *Línea y punto de conexión y medida*

La línea de conexión es la línea eléctrica mediante la cual se conectan las instalaciones fotovoltaicas con un punto de red de la empresa distribuidora o con la acometida del usuario, denominado punto de conexión y medida.

##### 3.2.4 *Interruptor automático de la interconexión*

Dispositivo de corte automático sobre el cual actúan las protecciones de interconexión.

##### 3.2.5 *Interruptor general*

Dispositivo de seguridad y maniobra que permite separar la instalación fotovoltaica de la red de la empresa distribuidora.

### 3.2.6 *Generador fotovoltaico*

Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.

### 3.2.7 *Rama fotovoltaica*

Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.

### 3.2.8 *Inversor*

Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna. También se denomina ondulator.

### 3.2.9 *Potencia nominal del generador*

Suma de las potencias máximas de los módulos fotovoltaicos.

### 3.2.10 *Potencia de la instalación fotovoltaica o potencia nominal*

Suma de la potencia nominal de los inversores (la especificada por el fabricante) que intervienen en las tres fases de la instalación en condiciones nominales de funcionamiento.

## 3.3 Módulos

### 3.3.1 *Célula solar o fotovoltaica*

Dispositivo que transforma la radiación solar en energía eléctrica.

### 3.3.2 *Célula de tecnología equivalente (CTE)*

Célula solar encapsulada de forma independiente, cuya tecnología de fabricación y encapsulado es idéntica a la de los módulos fotovoltaicos que forman la instalación.

### 3.3.3 *Módulo o panel fotovoltaico*

Conjunto de células solares directamente interconectadas y encapsuladas como único bloque, entre materiales que las protegen de los efectos de la intemperie.

### 3.3.4 *Condiciones Estándar de Medida (CEM)*

Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar, utilizadas universalmente para caracterizar células, módulos y generadores solares y definidas del modo siguiente:

- Irradiancia solar: 1000 W/m<sup>2</sup>
- Distribución espectral: AM 1,5 G
- Temperatura de célula: 25 °C

### 3.3.5 *Potencia pico*

Potencia máxima del panel fotovoltaico en CEM.

### 3.3.6 *TONC*

Temperatura de operación nominal de la célula, definida como la temperatura que alcanzan las células solares cuando se somete al módulo a una irradiancia de 800 W/m<sup>2</sup> con distribución espectral AM 1,5 G, la temperatura ambiente es de 20 °C y la velocidad del viento, de 1 m/s.

## 3.4 Integración arquitectónica

Según los casos, se aplicarán las denominaciones siguientes:

### 3.4.1 *Integración arquitectónica de módulos fotovoltaicos*

Cuando los módulos fotovoltaicos cumplen una doble función, energética y arquitectónica (revestimiento, cerramiento o sombreado) y, además, sustituyen a elementos constructivos convencionales.

### 3.4.2 *Revestimiento*

Cuando los módulos fotovoltaicos constituyen parte de la envolvente de una construcción arquitectónica.

### 3.4.3 *Cerramiento*

Cuando los módulos constituyen el tejado o la fachada de la construcción arquitectónica, debiendo garantizar la debida estanquidad y aislamiento térmico.

### 3.4.4 *Elementos de sombreado*

Cuando los módulos fotovoltaicos protegen a la construcción arquitectónica de la sobrecarga térmica causada por los rayos solares, proporcionando sombras en el tejado o en la fachada.

La colocación de módulos fotovoltaicos paralelos a la envolvente del edificio sin la doble funcionalidad definida en 3.4.1, se denominará superposición y no se considerará integración arquitectónica. No se aceptarán, dentro del concepto de superposición, módulos horizontales.

## 4. Diseño

### 4.1 Diseño del generador fotovoltaico

#### 4.1.1. Generalidades

4.1.1.1 El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones del apartado 5.2.

4.1.1.2 Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.

4.1.1.3 En aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

#### 4.1.2. Orientación e inclinación y sombras

4.1.1.4 La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla I. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica, según se define en el apartado 3.4. En todos los casos han de cumplirse tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

Tabla I

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI + S)
General	10 %	10 %	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

4.1.1.5 Cuando, por razones justificadas, y en casos especiales en los que no se puedan instalar de acuerdo con el apartado 4.1.2.1, se evaluará la reducción en las prestaciones energéticas de la instalación, incluyéndose en la Memoria del Proyecto.

4.1.1.6 En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras. En los anexos II y III se proponen métodos para el cálculo de estas pérdidas, que podrán ser utilizados para su verificación.

4.1.1.7 Cuando existan varias filas de módulos, el cálculo de la distancia mínima entre ellas se realizará de acuerdo al anexo III.

#### 4.2 Diseño del sistema de monitorización

4.2.1 El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:

- Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
- Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
- Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
- Temperatura ambiente en la sombra.
- Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.
- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.

4.2.2 Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispra "Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A", Report EUR16338 EN.

4.2.3 El sistema de monitorización sera fácilmente accesible para el usuario.

#### 4.3 Integración arquitectónica

4.3.1 En el caso de pretender realizar una instalación integrada desde el punto de vista arquitectónico según lo estipulado en el punto 3.4, la Memoria de Diseño o Proyecto especificarán las condiciones de la construcción y de la instalación, y la descripción y justificación de las soluciones elegidas.

4.3.2 Las condiciones de la construcción se refieren al estudio de características urbanísticas, implicaciones en el diseño, actuaciones sobre la construcción, necesidad de realizar obras de reforma o ampliación, verificaciones estructurales, etc. que, desde el punto de vista del profesional competente en la edificación, requerirían su intervención.

4.3.3 Las condiciones de la instalación se refieren al impacto visual, la modificación de las condiciones de funcionamiento del edificio, la necesidad de habilitar nuevos espacios o ampliar el volumen construido, efectos sobre la estructura, etc.

## 5. Componentes y materiales

### 5.1. Generalidades

5.1.1 Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.

5.1.2 La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.

5.1.3 El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.

5.1.4 Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.

5.1.5 Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.

5.1.6 Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.

5.1.7 En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.

- 5.1.8 Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

## 5.2. Sistemas generadores fotovoltaicos

- 5.2.1 Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:

- UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.
- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108. Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Cualificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción.

Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente.

Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

- 5.2.2 El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- 5.2.3 Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación.
  - 5.2.3.1 Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
  - 5.2.3.2 Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
  - 5.2.3.3 Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del  $\pm 3\%$  de los correspondientes valores nominales de catálogo.
  - 5.2.3.4 Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.
- 5.2.4 Será deseable una alta eficiencia de las células.
- 5.2.5 La estructura del generador se conectará a tierra.
- 5.2.6 Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.
- 5.2.7 Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.
- 5.3. Estructura soporte
  - 5.3.1 Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.
  - 5.3.2 La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.
  - 5.3.3 El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

- 5.3.4 Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.
- 5.3.5 El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- 5.3.6 La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.
- 5.3.7 La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- 5.3.8 Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.
- 5.3.9 En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.
- 5.3.10 Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos, tanto sobre superficie plana (terracea) como integrados sobre tejado, cumpliendo lo especificado en el punto 4.1.2 sobre sombras. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.
- 5.3.11 La estructura soporte será calculada según la normativa vigente para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.
- 5.3.12 Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirán las normas UNE-EN 10219-1 y UNE-EN 10219-2 para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.
- 5.3.13 Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 14713 (partes 1, 2 y 3) y UNE-EN ISO 10684 y los espesores cumplirán con los mínimos exigibles en la norma UNE-EN ISO 1461.
- 5.3.14 En el caso de utilizarse seguidores solares, estos incorporarán el marcado CE y cumplirán lo previsto en la Directiva 98/37/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 22 de junio de 1998, relativa a la aproximación de legislaciones de los Estados miembros sobre máquinas, y su normativa de desarrollo, así como la Directiva 2006/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 17 de mayo de 2006 relativa a las máquinas.

#### 5.4. Inversores

5.4.1. Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.

5.4.2. Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

5.4.2.1. Principio de funcionamiento: fuente de corriente.

5.4.2.2. Autoconmutados.

5.4.2.3. Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.

5.4.2.4. No funcionarán en isla o modo aislado.

La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:

5.4.2.5. UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.

5.4.2.6. UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.

5.4.2.7. IEC 62116. *Testing procedure of islanding prevention measures for utility interactive photovoltaic inverters.*

5.4.3. Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:

5.4.3.1. Cortocircuitos en alterna.

5.4.3.2. Tensión de red fuera de rango.

5.4.3.3. Frecuencia de red fuera de rango.

5.4.3.4. Sobretensiones, mediante varistores o similares.

5.4.3.5. Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

Adicionalmente, han de cumplir con la Directiva 2004/108/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de diciembre de 2004, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros en materia de compatibilidad electromagnética.

5.4.4. Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.

5.4.5. Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

5.4.5.1. Encendido y apagado general del inversor.

5.4.5.2. Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.

5.4.6. Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

5.4.6.1. El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM. Además soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.

- 5.4.6.2 El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100 % de la potencia nominal, será como mínimo del 92 % y del 94 % respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
  - 5.4.6.3 El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
  - 5.4.6.4 El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
  - 5.4.6.5 A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.
  - 5.4.7. Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
  - 5.4.8. Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0°C y 40°C de temperatura y entre 0% y 85% de humedad relativa.
  - 5.4.9. Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.
- 5.5. Cableado
- 5.5.1. Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.
  - 5.5.2. Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5%.
  - 5.5.3. El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
  - 5.5.4. Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.
- 5.6. Conexión a red
- 5.6.1. Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

#### 5.7. Medidas

- 5.7.1. Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

#### 5.8. Protecciones

- 5.8.1. Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- 5.8.2. En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

#### 5.9. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

- 5.9.1. Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- 5.9.2. Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.
- 5.9.3. Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

#### 5.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética

- 5.10.1. Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

#### 5.11. Medidas de seguridad

- 5.11.1. Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.
- 5.11.2. La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo

fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.

- 5.11.3. Todas las centrales fotovoltaicas con una potencia mayor de 1 MW estarán dotadas de un sistema de teledesconexión y un sistema de teled medida.

La función del sistema de teledesconexión es actuar sobre el elemento de conexión de la central eléctrica con la red de distribución para permitir la desconexión remota de la planta en los casos en que los requisitos de seguridad así lo recomienden. Los sistemas de teledesconexión y teled medida serán compatibles con la red de distribución a la que se conecta la central fotovoltaica, pudiendo utilizarse en baja tensión los sistemas de telegestión incluidos en los equipos de medida previstos por la legislación vigente.

- 5.11.4. Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

## 6. Recepción y pruebas

- 6.1. El instalador entregará al usuario un documento-albarán en el que conste el suministro de componentes, materiales y manuales de uso y mantenimiento de la instalación. Este documento será firmado por duplicado por ambas partes, conservando cada una un ejemplar. Los manuales entregados al usuario estarán en alguna de las lenguas oficiales españolas para facilitar su correcta interpretación.

- 6.2. Antes de la puesta en servicio de todos los elementos principales (módulos, inversores, contadores) éstos deberán haber superado las pruebas de funcionamiento en fábrica, de las que se levantará oportuna acta que se adjuntará con los certificados de calidad.

- 6.3. Las pruebas a realizar por el instalador, con independencia de lo indicado con anterioridad en este PCT, serán como mínimo las siguientes:

- 6.3.1 Funcionamiento y puesta en marcha de todos los sistemas.

- 6.3.2 Pruebas de arranque y parada en distintos instantes de funcionamiento.

- 6.3.3 Pruebas de los elementos y medidas de protección, seguridad y alarma, así como su actuación, con excepción de las pruebas referidas al interruptor automático de la desconexión.

- 6.3.4 Determinación de la potencia instalada, de acuerdo con el procedimiento descrito en el anexo I.

- 6.4. Concluidas las pruebas y la puesta en marcha se pasará a la fase de la Recepción

Provisional de la Instalación. No obstante, el Acta de Recepción Provisional no se firmará hasta haber comprobado que todos los sistemas y elementos que forman parte del suministro han funcionado correctamente durante un mínimo de 240 horas seguidas, sin interrupciones o paradas causadas por fallos o errores del sistema suministrado, y además se hayan cumplido los siguientes requisitos:

- 6.4.1 Entrega de toda la documentación requerida en este PCT, y como mínimo la recogida en la norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red. Requisitos mínimos de documentación, puesta en marcha e inspección de un sistema.
- 6.4.2 Retirada de obra de todo el material sobrante.
- 6.4.3 Limpieza de las zonas ocupadas, con transporte de todos los desechos a vertedero.
- 6.5. Durante este período el suministrador será el único responsable de la operación de los sistemas suministrados, si bien deberá adiestrar al personal de operación.
- 6.6. Todos los elementos suministrados, así como la instalación en su conjunto, estarán protegidos frente a defectos de fabricación, instalación o diseño por una garantía de tres años, salvo para los módulos fotovoltaicos, para los que la garantía mínima será de 10 años contados a partir de la fecha de la firma del acta de recepción provisional.
- 6.7. No obstante, el instalador quedará obligado a la reparación de los fallos de funcionamiento que se puedan producir si se aprecia que su origen procede de defectos ocultos de diseño, construcción, materiales o montaje, comprometiéndose a subsanarlos sin cargo alguno. En cualquier caso, deberá atenerse a lo establecido en la legislación vigente en cuanto a vicios ocultos.

## 7. Cálculo de la producción anual esperada

- 7.1. En la Memoria se incluirán las producciones mensuales máximas teóricas en función de la irradiancia, la potencia instalada y el rendimiento de la instalación.
- 7.2. Los datos de entrada que deberá aportar el instalador son los siguientes:

### 7.2.1 $G_{dm}(0)$ .

Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre superficie horizontal, en kWh/(m<sup>2</sup>·día), obtenido a partir de alguna de las siguientes fuentes:

- 7.2.1. Agencia Estatal de Meteorología.
- 7.2.2. Organismo autonómico oficial.
- 7.2.3. Otras fuentes de datos de reconocida solvencia, o las expresamente señaladas por el IDAE.

### 7.2.2 $G_{dm}(\alpha, \theta)$ .

Valor medio mensual y anual de la irradiación diaria sobre el plano del generador en kWh/(m<sup>2</sup>·día), obtenido a partir del anterior, y en el que se hayan descontado las pérdidas por sombreado en caso de ser éstas superiores a un 10 % anual (ver anexo III). El parámetro " " representa el azimut y  $\theta$  la inclinación del generador, tal y como se definen en el anexo II.

7.2.3 Rendimiento energético de la instalación o “performance ratio”, PR.

Eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo, que tiene en cuenta:

- La dependencia de la eficiencia con la temperatura.
- La eficiencia del cableado.
- Las pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad.
- Las pérdidas por errores en el seguimiento del punto de máxima potencia.
- La eficiencia energética del inversor.
- Otros.

7.2.4 La estimación de la energía inyectada se realizará de acuerdo con la siguiente ecuación:

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

Donde:

$G_{CEM} = 1 \text{ kW/m}^2$

$P_{mp}$  = Potencia pico del generador

7.3. Los datos se presentarán en una tabla con los valores medios mensuales y el promedio anual, de acuerdo con el siguiente ejemplo:

Tabla II. Generador  $P_{mp} = 1 \text{ kWp}$ , orientado al Sur ( $\alpha = 0^\circ$ ) e inclinado  $35^\circ$  ( $\beta = 35^\circ$ ).

Mes	$G_{dm}(0)$ [kWh/(m <sup>2</sup> día)]	$G_{dm}(\alpha = 0^\circ, \beta = 35^\circ)$ [kWh/(m <sup>2</sup> día)]	PR	$E_p$ (kWh/día)
Enero	1,92	3,12	0,851	2,65
Febrero	2,52	3,56	0,844	3,00
Marzo	4,22	5,27	0,801	4,26
Abril	5,39	5,68	0,802	4,55
Mayo	6,16	5,63	0,796	4,48
Junio	7,12	6,21	0,768	4,76
Julio	7,48	6,67	0,753	5,03
Agosto	6,60	6,51	0,757	4,93
Septiembre	5,28	6,10	0,769	4,69
Octubre	3,51	4,73	0,807	3,82
Noviembre	2,09	3,16	0,837	2,64
Diciembre	1,67	2,78	0,850	2,36
Promedio	4,51	4,96	0,803	3,94

## 8. Requerimientos técnicos del contrato de mantenimiento

### 8.1. Generalidades

- 8.1.1 Se realizará un contrato de mantenimiento preventivo y correctivo de al menos tres años.
- 8.1.2 El contrato de mantenimiento de la instalación incluirá todos los elementos de la misma, con las labores de mantenimiento preventivo aconsejados por los diferentes fabricantes.

### 8.2. Programa de mantenimiento

- 8.2.1 El objeto de este apartado es definir las condiciones generales mínimas que deben seguirse para el adecuado mantenimiento de las instalaciones de energía solar fotovoltaica conectadas a red.
- 8.2.2 Se definen dos escalones de actuación para englobar todas las operaciones necesarias durante la vida útil de la instalación para asegurar el funcionamiento, aumentar la producción y prolongar la duración de la misma:
  - Mantenimiento preventivo.
  - Mantenimiento correctivo.
- 8.2.3 Plan de mantenimiento preventivo: operaciones de inspección visual, verificación de actuaciones y otras, que aplicadas a la instalación deben permitir mantener dentro de límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la misma.
- 8.2.4 Plan de mantenimiento correctivo: todas las operaciones de sustitución necesarias para asegurar que el sistema funciona correctamente durante su vida útil. Incluye:
  - La visita a la instalación en los plazos indicados en el punto 8.3.5.2 y cada vez que el usuario lo requiera por avería grave en la misma.
  - El análisis y elaboración del presupuesto de los trabajos y reposiciones necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación.
  - Los costes económicos del mantenimiento correctivo, con el alcance indicado, forman parte del precio anual del contrato de mantenimiento. Podrán no estar incluidas ni la mano de obra ni las reposiciones de equipos necesarias más allá del período de garantía.
- 8.2.5 El mantenimiento debe realizarse por personal técnico cualificado bajo la responsabilidad de la empresa instaladora.
- 8.2.6 El mantenimiento preventivo de la instalación incluirá, al menos, una visita (anual para el caso de instalaciones de potencia de hasta 100 kWp y semestral para el resto) en la que se realizarán las siguientes actividades:
  - Comprobación de las protecciones eléctricas.
  - Comprobación del estado de los módulos: comprobación de la situación respecto al proyecto original y verificación del estado de las conexiones.

- Comprobación del estado del inversor: funcionamiento, lámparas de señalizaciones, alarmas, etc.
  - Comprobación del estado mecánico de cables y terminales (incluyendo cables de tomas de tierra y reapriete de bornas), pletinas, transformadores, ventiladores/extractores, uniones, reaprietes, limpieza.
- 8.2.7 Realización de un informe técnico de cada una de las visitas, en el que se refleje el estado de las instalaciones y las incidencias acaecidas.
- 8.2.8 Registro de las operaciones de mantenimiento realizadas en un libro de mantenimiento, en el que constará la identificación del personal de mantenimiento (nombre, titulación y autorización de la empresa).

### 8.3. Garantías

#### 8.3.1 Ámbito general de la garantía

- 8.3.1.1 Sin perjuicio de cualquier posible reclamación a terceros, la instalación será reparada de acuerdo con estas condiciones generales si ha sufrido una avería a causa de un defecto de montaje o de cualquiera de los componentes, siempre que haya sido manipulada correctamente de acuerdo con lo establecido en el manual de instrucciones.
- 8.3.1.2 La garantía se concede a favor del comprador de la instalación, lo que deberá justificarse debidamente mediante el correspondiente certificado de garantía, con la fecha que se acredite en la certificación de la instalación.

#### 8.3.2 Plazos

- 8.3.2.1 El suministrador garantizará la instalación durante un período mínimo de 3 años, para todos los materiales utilizados y el procedimiento empleado en su montaje. Para los módulos fotovoltaicos, la garantía mínima será de 10 años.
- 8.3.2.2 Si hubiera de interrumpirse la explotación del suministro debido a razones de las que es responsable el suministrador, o a reparaciones que el suministrador haya de realizar para cumplir las estipulaciones de la garantía, el plazo se prolongará por la duración total de dichas interrupciones.

#### 8.3.3 Condiciones económicas

- 8.3.3.1 La garantía comprende la reparación o reposición, en su caso, de los componentes y las piezas que pudieran resultar defectuosas, así como la mano de obra empleada en la reparación o reposición durante el plazo de vigencia de la garantía.
- 8.3.3.2 Quedan expresamente incluidos todos los demás gastos, tales como tiempos de desplazamiento, medios de transporte, amortización de vehículos y herramientas, disponibilidad de otros medios y eventuales portes de recogida y devolución de los equipos para su reparación en los talleres del fabricante.
- 8.3.3.3 Asimismo, se deben incluir la mano de obra y materiales necesarios para efectuar los

ajustes y eventuales reglajes del funcionamiento de la instalación.

8.3.3.4 Si en un plazo razonable el suministrador incumple las obligaciones derivadas de la garantía, el comprador de la instalación podrá, previa notificación escrita, fijar una fecha final para que dicho suministrador cumpla con sus obligaciones. Si el suministrador no cumple con sus obligaciones en dicho plazo último, el comprador de la instalación podrá, por cuenta y riesgo del suministrador, realizar por sí mismo las oportunas reparaciones, o contratar para ello a un tercero, sin perjuicio de la reclamación por daños y perjuicios en que hubiere incurrido el suministrador.

#### 8.3.4 Anulación de la garantía

8.3.4.1 La garantía podrá anularse cuando la instalación haya sido reparada, modificada o desmontada, aunque sólo sea en parte, por personas ajenas al suministrador o a los servicios de asistencia técnica de los fabricantes no autorizados expresamente por el suministrador, salvo lo indicado en el punto 8.3.3.4.

#### 8.3.5 Lugar y tiempo de la prestación

8.3.5.1 Cuando el usuario detecte un defecto de funcionamiento en la instalación lo comunicará fehacientemente al suministrador. Cuando el suministrador considere que es un defecto de fabricación de algún componente, lo comunicará fehacientemente al fabricante.

8.3.5.2 El suministrador atenderá cualquier incidencia en el plazo máximo de una semana y la resolución de la avería se realizará en un tiempo máximo de 10 días, salvo causas de fuerza mayor debidamente justificadas.

8.3.5.3 Las averías de las instalaciones se repararán en su lugar de ubicación por el suministrador. Si la avería de algún componente no pudiera ser reparada en el domicilio del usuario, el componente deberá ser enviado al taller oficial designado por el fabricante por cuenta y a cargo del suministrador.

8.3.5.4 El suministrador realizará las reparaciones o reposiciones de piezas a la mayor brevedad posible una vez recibido el aviso de avería, pero no se responsabilizará de los perjuicios causados por la demora en dichas reparaciones siempre que sea inferior a 10 días naturales.



# **Estado de mediciones y presupuesto**



## 1. Estado de mediciones

En este apartado se va a realizar una medición de las cantidades necesarias de cada uno de los componentes necesarios para llevar a cabo este proyecto.

### 1.1 Medición material

Descripción	Unidades
Panel JAM66S30-500/MR	14
Inversor FROMIUS SYMO (7.0-3M)	1
Fusibles gPV 25A (10x38)	2
Porta fusibles 10x38	2
Estructura soporte	14
Conector MC4	56
Cable TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K 6mm	54
Protector Sobretensiones CC Fotovoltaico	1
Fronius Smart Meter Trifásico TS 65A	1

### 1.2 Medición instalación

Descripción	Trabajadores	Días
Instalación paneles	2	2
Puesta en marcha	1	1

## 2. Presupuesto

En este apartado, se va a detallar el coste de los materiales y los trabajos descritos en la sección anterior.

### 2.1. Presupuesto material

Descripción	Precio unitario	Unidades	Total
Panel JAM66S30-500/MR	141,30 €	5	1978,2 €
Inversor FRONIUS SYMO (7.0-3M)	1096,83 €	1	1.889,33 €
Fusibles gPV 25A (10x38)	6,00 €	2	12 €
Porta fusibles 10x38	6,40 €	2	12,8 €
Estructura soporte	27,80 €	14	389,2 €
Conector MC4	3,06 €	28	85,68 €
Cable TOPSOLAR® PV H1Z2Z2-K 6mm	1,40 €	102	142,8 €
Protector Sobretensiones CC Fotovoltaico	57,85 €	1	57,85 €
Fronius Smart Meter Trifásico TS 65A	143,97 €	1	296,27 €
			<b>4.864,13 €</b>

### 2.2. Presupuesto instalación

Descripción	Trabajadores	Precio / día	Días	Total
Instalación paneles	2	190 €	2	760 €
Puesta en marcha	1	210 €	1	210 €
				<b>970 €</b>

### 2.3. Presupuesto total

Descripción	Total
<b>Total Material</b>	4.864,13€
<b>Total Instalación</b>	970,00 €
<b>Total</b>	5.834,13 €
<b>Gastos Generales - 7%</b>	408,39 €
<b>Total</b>	6.242,52 €
<b>Beneficio Industrial - 1%</b>	62,43 €
<b>Total</b>	6.304,94 €
<b>IVA - 21%</b>	1.324,04 €
<b>Total</b>	<b>7.628,98 €</b>

El presupuesto total del proyecto asciende a **SIETE MIL SEISCIENTOS VEINTIOCHO EUROS CON NOVENTA Y OCHO CÉNTIMOS DE EURO.**



# **CAPÍTULO II: Iluminación**



# Memoria

# Índice

1.	Introducción .....	152
1.1.	Objeto .....	152
1.2.	Alcance .....	152
2.	Antecedentes .....	153
2.1.	La radiación electromagnética .....	153
2.2.	La emisión de luz .....	155
2.3.	Tipos de lámparas .....	155
2.3.1.	Lámparas incandescentes .....	156
2.3.2.	Lámparas de descarga .....	156
2.3.3.	Lámparas LED .....	161
3.	Diseño de la instalación de iluminación .....	162
3.1.	Características del emplazamiento .....	162
3.2.	Normativa aplicable .....	163
3.3.	Selección de equipos.....	164
3.1.1.	Con campana industrial.....	165
3.1.2.	Con luminaria suspendida .....	166
3.4.	Resultados obtenidos.....	166
3.1.3.	Con campana industrial.....	166
3.1.4.	Con luminaria suspendida .....	168
3.3.	Cableado y protección.....	170
3.1.5.	Distribución con campanas industriales.....	171
3.1.6.	Distribución luminarias suspendidas.....	172
3.4.	Puesta a tierra .....	173
4.	Presupuesto .....	173
4.1.	Presupuesto con campana .....	173
4.2.	Presupuesto con suspendida .....	173
5.	Diseño elegido y justificación .....	174
6.	Conclusiones.....	175

## Índice ilustraciones

<i>Ilustración 1: <a href="https://www.univision.com/explora/el-espectro-visible-de-luz">https://www.univision.com/explora/el-espectro-visible-de-luz</a>.....</i>	<i>153</i>
<i>Ilustración 2: Alzado de la planta.....</i>	<i>162</i>
<i>Ilustración 3: Planta de la nave.....</i>	<i>162</i>
<i>Ilustración 4: Distribución de los tragaluces.....</i>	<i>163</i>
<i>Ilustración 5: Vista exterior de la nave.....</i>	<i>164</i>
<i>Ilustración 6: Vista interior de la nave con los objetos modelados 1.....</i>	<i>164</i>
<i>Ilustración 7: Vista interior de la nave con los objetos modelados 2.....</i>	<i>165</i>
<i>Ilustración 8: Luminaria CoreLine Highbay Gen5 BY120P.....</i>	<i>165</i>
<i>Ilustración 9: Ficha de características SM136V.....</i>	<i>166</i>
<i>Ilustración 10: Luminaria SM136V.....</i>	<i>166</i>
<i>Ilustración 11: Simulación con Dialux del nivel de iluminación.....</i>	<i>166</i>
<i>Ilustración 12: Distribución de las campanas industriales.....</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 13: Isolíneas del nivel de iluminancia sobre el plano de trabajo.....</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 14: Nivel de iluminación medio y de uniformidad.....</i>	<i>167</i>
<i>Ilustración 15: Consumo, LENI y coste anual de la iluminación.....</i>	<i>168</i>
<i>Ilustración 16: Simulación con Dialux del nivel de iluminación.....</i>	<i>168</i>
<i>Ilustración 17: Distribución con luminaria suspendida.....</i>	<i>169</i>
<i>Ilustración 18: Isolíneas del nivel de iluminancia sobre el plano de trabajo.....</i>	<i>169</i>
<i>Ilustración 19: Nivel de iluminación medio y de uniformidad.....</i>	<i>169</i>
<i>Ilustración 20: Consumo, LENI y coste anual de la iluminación.....</i>	<i>170</i>
<i>Ilustración 21: Curva de arranque CoreLine Highbay Gen5 BY120P.....</i>	<i>171</i>
<i>Ilustración 22: Curva de arranque SM136V.....</i>	<i>172</i>
<i>Ilustración 23: Consumo electricidad (Iz. SM136V, Der. HighBay Gen5).....</i>	<i>174</i>
<i>Ilustración 24: Distribución y luminaria escogida.....</i>	<i>174</i>

## Índice tablas

<i>Tabla 1: Fuente: Ampliación de Instalaciones Eléctricas (SJA-018) TEMA 1 – INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.....</i>	<i>161</i>
<i>Tabla 2: Fuente UNE 12464.1.....</i>	<i>164</i>
<i>Tabla 3: <a href="https://www.prysmianclub.es/n2-calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/">https://www.prysmianclub.es/n2-calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/</a>.....</i>	<i>171</i>
<i>Tabla 4: Secciones del conductor de protección.....</i>	<i>173</i>

# 1. Introducción

## 1.1. Objeto

El principal objetivo de este capítulo es el diseño de la iluminación de la nave industrial. Para ello, se utilizará el *software* Dialux que permite simular la iluminancia que se conseguirá en función de la configuración seleccionada. Con ello se pretende no sobredimensionar la instalación y ser más eficientes, lo que permitirá reducir el coste energético

## 1.2. Alcance

Para conseguir los objetivos que pretende este proyecto, el procedimiento a seguir es el que se explica a continuación:

- Se realizará un modelo de la arquitectura de la nave, así como de los acabados de los materiales.
- Se tendrá en cuenta la posible distribución interior y usos para que la iluminancia se lo más realista.
- Se elaborará una medición de materiales y un presupuesto económico total, que reflejarán la inversión necesaria para llevar a cabo el proyecto.

## 2. Antecedentes

### 2.1. La radiación electromagnética

Consiste en el transporte de energía por medio de ondas electromagnéticas o partículas a través del espacio.

Las magnitudes características de la radiación electromagnética son: la velocidad de propagación, la frecuencia, el periodo y la longitud de onda.

La luz es un caso particular de la radiación electromagnética, y como tal, debería medirse en Joules (J). Sin embargo, no toda la luz emitida por una fuente produce sensación luminosa ni toda la energía que consume se convierte en luz, por lo que para cuantificar la radiación a la que es sensible el ojo humano. Las radiaciones electromagnéticas tienen distintas frecuencias, de las cuales nuestro ojo es capaz de percibir apenas un segmento: el correspondiente a las longitudes de onda entre 380 y 750 nanómetros aproximadamente. Dependiendo de la persona, este rango puede ser ligeramente más amplio o ligeramente más estrecho.

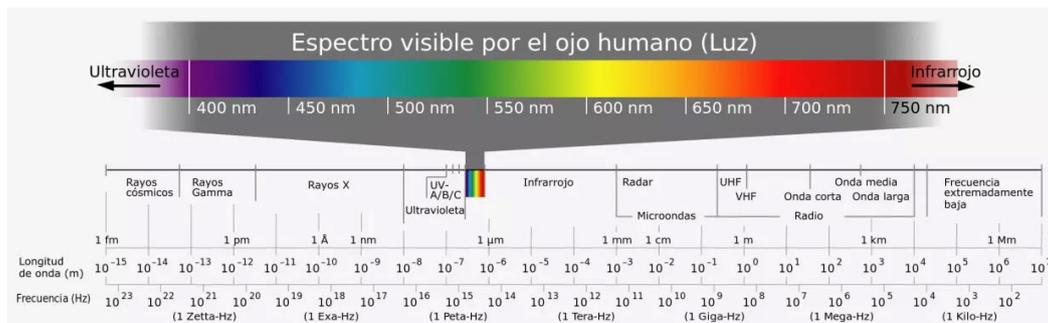


Ilustración 26: <https://www.univision.com/explora/el-espectro-visible-de-luz>

La luz interactúa con el medio, por lo que es necesario conocer sus propiedades. Un flujo luminoso incidente interactúa con un medio, dando lugar a:

- La absorción: cuando la luz llega a una superficie u objeto, éste puede absorber toda o parte de esa luz.
- La reflexión: cuando la luz llega a un objeto y rebota o refleja, en parte o en su totalidad, de ese objeto. La luz puede ser reflejada de manera especular o difusa.
- La transmisión: ocurre cuando la luz atraviesa una superficie u objeto. La transmisión puede ser directa, difusa o selectiva.

Para cuantificar la radiación a la que es sensible el ojo humano es necesario definir nuevas magnitudes y sus unidades de medida. Estas magnitudes fundamentales de la Luminotecnia son las siguientes:

### -Flujo luminoso ( $\Phi$ ).

El flujo luminoso es la potencia emitida en forma de radiación luminosa a la que el ojo humano es sensible. Como potencia que es (energía por unidad de tiempo), podría medirse en vatios (W), pero en luminotecnia se utiliza la unidad lumen (lm) que toma como referencia la radiación visible, ya que se trata de una banda de frecuencias en el espectro luminoso, y a cada frecuencia le corresponde una potencia distinta.

1 W de luz a una longitud de onda de 555 nm equivale a 683 lm.

### -Intensidad Luminosa (I).

La intensidad luminosa es una intensidad radiante, y se define como el flujo luminoso en una determinada dirección, radiado por unidad de ángulo sólido, y da una idea de cómo la energía luminosa llega a cada punto del espacio.

Su unidad es la candela (cd), que equivale a 1 lumen por estereorradián (lm/sr).

### -Iluminancia (E).

La iluminancia representa la densidad del flujo luminoso que llega a una superficie. Se define como la relación entre el flujo luminoso que incide sobre la superficie y el tamaño de esta misma. Su unidad es el lux (lx), que equivale a un lm/m<sup>2</sup>.

La iluminancia no se encuentra vinculada a una superficie real, puede ser determinada en cualquier lugar del espacio, y se puede deducir de la intensidad luminosa, ya que esta disminuye con el cuadrado de la distancia de la fuente de luz (ley de la inversa del cuadrado de la distancia), y por tanto también puede expresarse como:

$$E = I \cdot \cos(\alpha) / d^2$$

Donde:

d es la distancia entre la superficie considerada y la fuente de luz.

$\alpha$  el ángulo de incidencia con la que llega el flujo luminoso a la superficie considerada.

### -Luminancia (L).

Describe la luz que emite una superficie y que el ojo ve. Se llama luminancia a la relación entre la intensidad luminosa y la superficie aparente vista por el ojo en una dirección determinada. Su unidad es la cd/m<sup>2</sup>.

Es una magnitud muy importante en luminotecnia, ya que indica la que nuestro ojo percibe. Está en relación directa con la iluminancia, pero depende de cómo la superficie iluminada refleje la luz que llega a ella procedente de la fuente luminosa.

Ha de tenerse en cuenta que además hace referencia a la superficie aparente vista por el ojo, es decir, la proyección de la superficie real que recibe la iluminación, sobre el plano perpendicular a la dirección de la mirada. El valor de esta superficie aparente es igual al valor de la superficie real multiplicada por el coseno del ángulo que forma la dirección de la mirada con la perpendicular a dicha superficie.

### -Rendimiento luminoso o eficiencia luminosa ( $\eta$ ).

Es el cociente entre el flujo luminoso producido por la lámpara y la potencia eléctrica consumida, que viene definida con las características de las lámparas.

$$\eta = \phi/W$$

### -Índice de reproducción cromático (IRC)

Indica el grado de calidad que poseen las fuentes luminosas para reproducir los colores lo más exactamente posible.

Si el IRC es menor de 40, se considera que el nivel de reproducción cromático es limitado, y cuando tenemos un valor cercano a 100, se considera que el nivel de reproducción cromático es excelente.

### -Temperatura del color

La temperatura de color mide "lo blanca que resulta la luz" y se mide en kelvin. Las luces más "amarillentas" tienen una  $T^a$  de color más baja (<3000 K), mientras que las más "azuladas" tienen mayor  $T^a$  (>6000 K).

Es común, hablar de luces frías y cálidas. Las luces frías son las que tienen radiaciones cercanas al azul y al verde, mientras que las luces cálidas son las que tienen radiaciones más cercanas al rojo y amarillo

## 2.2. La emisión de luz

Las fuentes de luz pueden ser naturales o artificiales, siendo la fuente de luz natural más importante es el Sol.

La producción de iluminación artificial; está basada en dos fenómenos físicos: calor y luminiscencia. La luminiscencia es, en contraste con la incandescencia (luz emitida por fuentes térmicas), la emisión de radiación óptica, resultado de la excitación no térmica de los niveles de energía de átomos, moléculas, polímeros y cristales.

Por lo tanto, podemos distinguir entre:

- Lámparas basadas en la elevación de la temperatura de un cuerpo, es decir, elementos que emiten radiaciones caloríficas
- Lámparas basadas en otras propiedades cuya característica común es que apenas existe elevación de temperatura; o sea, en elementos que permiten radiaciones luminiscentes. Algunas lámparas emiten ambas clases de radiaciones.

## 2.3. Tipos de lámparas

Las fuentes de luz eléctricas se pueden dividir en tres grupos según el procedimiento que utilicen para convertir la energía eléctrica en luz.

### 2.3.1. Lámparas incandescentes

Un primer grupo lo constituyen las lámparas que recurren al fenómeno de la termo radiación, abarcando lámparas incandescentes y halógenas-incandescentes. Sin embargo, desde el 2008 para las lámparas incandescentes y 1 de septiembre del 2016, para las lámparas halógenas, su fabricación y venta, excepto stock disponible, está prohibida.

- La lámpara incandescente

Se caracteriza por un menor rendimiento luminoso de las lámparas utilizadas (alrededor de 12 a 18 lm/W) y la que menor vida útil tiene (unas 1000 horas). Sin embargo, su bajo precio, el color cálido y facilidad de montaje le hace muy popular.

Otro aspecto a tener en cuenta de este tipo de lámparas es, que su luminosidad decrece con el tiempo. Esto es debido a que el filamento está sometido a temperaturas muy altas, lo que provoca que se evapore haciéndose más fino, con lo que se incrementa su resistencia, reduciéndose por tanto su intensidad. Además, el filamento evaporado se deposita en las partes más frías formándose allí una capa negra que intercepta la luz.

- Lámparas incandescentes con halógenos

Para solucionar el problema del ennegrecimiento comentado anteriormente, surgieron las lámparas halógenas. Los halógenos impiden que los restos de filamento evaporado se sitúen en la ampolla.

Al gas de relleno se le añade una pequeña cantidad de yodo en forma de yoduro dando lugar a una reacción química a partir de la cual los átomos de tungsteno del filamento se recombinan con los átomos de yodo, alrededor de los 600 °C, obteniendo como resultado un compuesto llamado yoduro de tungsteno. Cuando las moléculas de este nuevo compuesto se aproximan al filamento, zona en la que la temperatura es superior a los 2.000 °C, el yoduro de tungsteno se disocia en yodo y tungsteno, depositándose los átomos volatilizados de tungsteno sobre el filamento, siguiendo el yodo otro camino, para repetir el proceso.

Estas lámparas se caracterizan por una luz más blanca y brillante (temperatura del color de 3000°K), una menor dimensión, mayor eficacia luminosa (20 lm/W) y mayor vida útil (2000 horas).

### 2.3.2. Lámparas de descarga

El segundo grupo lo constituyen las lámparas de descarga, que funcionan gracias al efecto de la luminiscencia, e incluyen todas las formas de lámparas fluorescentes, lámparas de descarga de vapor de mercurio o vapor de sodio, así como lámparas de halogenuros metálicos.

- Lámparas fluorescentes

El fluorescente consta de un tubo de descarga relleno de un gas inerte (argón) y una pequeña cantidad de mercurio en ambas formas, líquida y vapor. En cada extremo del tubo va alojado un electrodo generalmente de wolframio sellado herméticamente.

Los filamentos del electrodo al calentarse generan electrones para ionizar el argón que llena el tubo, formando un plasma que conduce la electricidad. Este plasma excita los átomos de mercurio que, como consecuencia, emiten luz visible y ultravioleta (la mayor parte se muestra como ultravioleta).

El interior del tubo está recubierto por una mezcla de polvos fluorescentes. Estos polvos convierten la radiación ultravioleta de la descarga de mercurio en otras longitudes de onda más largas, de manera que sean visibles.

Las lámparas fluorescentes no funcionan de forma espontánea cuando son conectadas directamente a la red, sino que necesitan ser equipadas con un circuito de arranque. Este equipo de arranque debe suministrar una tensión entre los electrodos del tubo mucho más elevada que la de la red para ionizar la atmósfera de argón, y que los electrones fluyan del electrodo negativo al positivo. El cebador es el que genera el impulso eléctrico necesario para encender el fluorescente. Después de ese impulso, si ha logrado el objetivo de activar el proceso, deja de funcionar. Consta de unas láminas bimetálicas que se ponen en contacto o no, en función del calor de la atmósfera que las rodea. Fuera de la ampolla de vidrio y conectado en paralelo con las láminas, se encuentra un condensador. La misión de este condensador es absorber la chispa producida en la desconexión de las láminas bimetálicas, para prolongar la vida del cebador.

Una vez el tubo se ha encendido, la atmósfera del vapor metálico se hace muy conductora, lo que provoca una avalancha de electrones que debemos limitar antes de que se destruya el tubo. A fin de evitar que la corriente aumente sin control, se instala una reactancia o balastro.

La reactancia comúnmente más utilizada está compuesta por un arrollamiento o bobina de hilo de cobre esmaltado sobre un núcleo de chapas magnéticas. El arrollamiento está alojado en una carcasa en la que se incluyen los bornes de conexión de la reactancia. Sin embargo, actualmente existen reactancias electrónicas que mejoran el rendimiento del equipo, reducen el consumo de energía y tienen una vida útil superior a una normal.

Los balastos electrónicos constituyen un sistema de alimentación de alta frecuencia para lámparas fluorescentes, sustitutivo de la instalación convencional compuesta de reactancia electromagnética, cebador y condensador para alto factor de potencia. Este sistema consiste en un circuito impreso con componentes electrónicos que hacen trabajar a las lámparas a frecuencias por encima de los 20kHz, a diferencia de las reactancias convencionales en las que las lámparas trabajan a la frecuencia de red. Así proporcionan un arranque instantáneo y libre de parpadeos.

La vida útil de las lámparas fluorescentes se acorta cuando la frecuencia con la que se encienden aumenta. Durante el arranque, el desprendimiento de material del filamento es mayor que funcionando en régimen normal, por lo que es aconsejable, que los ciclos de encendido sean al menos de tres horas.

Las lámparas fluorescentes tienen un rendimiento luminoso que puede estimarse entre 50 y 80 lúmenes por vatio (lm/W), siendo su vida útil del orden de 5000 a 8000 h. Su rendimiento cromático puede llegar a ser muy alto (5500 °K), pero si no alcanzamos estos niveles de temperatura del color, los fluorescentes tienen una luz fría.

- Lámparas de vapor de mercurio a alta presión

En estas lámparas, la descarga tiene lugar en un tubo provisto de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares, en cuyo interior se encuentra una pequeña cantidad de mercurio y un gas inerte que ayuda al encendido. Los electrodos auxiliares llevan una resistencia en serie que limita la intensidad que circula por ellos. Este tubo de descarga está contenido en una ampolla de vidrio de mayor tamaño que lo protege.

Una parte de la radiación de la descarga se da en forma de luz en la región visible del espectro, pero otra parte se emite en la región ultravioleta. Si cubrimos la superficie interna de la ampolla exterior en que va alojado el tubo de descarga, con un polvo fluorescente, convertiremos la radiación ultravioleta en radiación visible.

El encendido se realiza por ignición mediante los electrodos auxiliares de arranque, mientras que un electrodo principal ioniza el gas inerte contenido en el tubo. La duración del encendido es de aproximadamente cinco minutos, tiempo que necesita la lámpara para vaporizar la totalidad del mercurio. Se hace directamente con la tensión de la red gracias a la ayuda del electrodo auxiliar, aunque una vez encendida la lámpara, se necesita un balastro externo que limite la tensión sobre ella. Se conecta un condensador en paralelo para compensar el bajo factor de potencia ocasionado por la reactancia.

La luz producida por estas lámparas carece casi por completo de radiaciones rojas, pero existen lámparas de mercurio de color corregido, en las que se mejora el índice de reproducción cromático recubriendo el interior de la ampolla con polvos fluorescentes de vanadato de itrio.

Las lámparas de vapor de mercurio de color corregido consiguen un rendimiento entre 40 y 60 lm/W, con una vida útil entre 8000 y 16000 horas. Tienen un índice de reproducción cromático de entre 40 y 60, temperatura del color entre 3500 y 4500 °K y potencias entre 50 y 2000 W.

Aunque estas lámparas se consideran que son nocivas para la salud humana, puesto que uno de los elementos por la cual está compuesta es el mercurio, aún se permiten este tipo de lámparas en el mercado con límites a la hora de producir ciertas lámparas de descarga a nivel mundial.

- Lámparas de luz de mezcla

Estas lámparas son una combinación de una lámpara de mercurio a alta presión con una lámpara incandescente y, generalmente, un recubrimiento fosforescente. Como resultado de esta mezcla es la superposición, al espectro del mercurio, del espectro continuo característico de la lámpara incandescente y las radiaciones rojas provenientes de la fosforescencia.

Estas lámparas no necesitan balasto ya que el propio filamento actúa como estabilizador de la corriente. Esto las hace adecuadas para sustituir las lámparas incandescentes sin necesidad de modificar las instalaciones.

Tienen propiedades similares a las de vapor de mercurio de alta presión, aunque su eficacia luminosa y su duración de vida son claramente inferiores. La duración viene limitada por el tiempo de vida del filamento, que es la principal causa de fallo. Además, se genera también el ennegrecimiento de la ampolla por culpa del wolframio evaporado y por la pérdida de eficacia de los polvos fosforescentes. Su eficacia se sitúa entre 20 y 60 lm/W y es el resultado de la combinación de la eficacia de una lámpara incandescente con la de una lámpara de descarga. Estas lámparas ofrecen una buena reproducción del color y una temperatura de color de 3600 K.

- Lámparas con halogenuros metálicos

En estas lámparas se incorpora una cantidad de halogenuros metálicos como el sodio, litio, talio, indio, etc. Estas sustancias aportan nuevas líneas al espectro luminoso y con su combinación se pueden conseguir una buena reproducción cromática y una buena eficacia luminosa.

El encendido de estas lámparas es lento (entre 3 y 10 minutos), al igual que el reencendido. Como la mayoría de las lámparas de descarga, las lámparas con halogenuros metálicos no se conectan rectamente a la red. Para el encendido de estas lámparas es necesaria la aplicación de tensiones muy elevadas (entre 1,5 y 5 kV), que se consiguen con arrancadores especiales en combinación con reactancias de alto carácter inductivo. Sólo algunos de los tipos más pequeños pueden arrancar por medio de un electrodo auxiliar.

Al introducir halogenuros metálicos en el interior del tubo se consigue una mayor eficiencia luminosa (de 65 a 90 lm/W), conjuntamente con un IRC muy bueno (entre 60 y 85). Además, también tienen una temperatura del color (de 4000 a 6000 °K), así como una vida útil larga (entre 6000 y 10000 h). aunque menor que las lámparas de mercurio. Balance energético: La potencia disponible a la salida en forma de radiación visible es aprox. de un 25% de la potencia eléctrica a la entrada.

Encuentran su aplicación principal en exteriores, pero también en grandes espacios interiores. Se trata en general de puntos de luz de potencia relativamente elevada (se fabrican en potencias que van desde 250 a 5000 W).

- Lámpara de sodio de baja presión

Las lámparas de vapor de sodio se pueden asimilar en cuanto funcionamiento y forma a las lámparas de vapor de mercurio. Las diferencias se encuentran en los componentes del tubo de descarga.

Este tipo de lámparas produce un rendimiento lumínico muy elevado gracias a que las radiaciones producidas se concentran en la zona del espectro visible. Sin embargo, la reproducción cromática es muy baja.

Cuando una lámpara de sodio de baja presión se conecta por primera vez, y el gas de arranque se ha ionizado, tiene una apariencia de color roja. A medida que la lámpara va calentándose lentamente, su apariencia de color cambia gradualmente hasta que en unos 10 min., ya no es roja, sino amarilla. Para su reignición, estas lámparas necesitan un breve enfriamiento antes de volver a encenderla nuevamente, aunque si se utilizan equipos especiales de estabilización es posible el reencendido inmediato.

La gran ventaja de estas lámparas es su extraordinaria eficacia (de 100 a 200 lm/W) y su larga vida, de unas 15000h, características que permiten que estas lámparas sean la fuente de luz más económica disponible y por tanto son apropiadas donde se requiera una gran cantidad de luz, un mínimo consumo de energía y una calidad de reproducción de los colores baja.

- Lámpara de sodio de alta presión

La descarga se realiza a través de vapor de sodio de alta presión, con lo que se consigue aumentar el rendimiento luminoso (entre 60 y 130 lm/W). El proceso que tiene lugar cuando se aumenta la presión del vapor de sodio, es el mismo básicamente que para las lámparas de mercurio.

El color de la luz es inicialmente el blanco característico de la descarga en xenón, cambiando a amarillo transcurrido unos veinte segundos, tiempo a lo largo del cual el sodio se evapora y entra en la descarga. El tiempo de encendido hasta alcanzar las presiones de trabajo y la emisión de luz plena requiere varios minutos.

La luz que proporcionan es más agradable que las lámparas de vapor de sodio a baja presión y conservan sus ventajas como son la eficacia luminosa y la duración.

El desarrollo de este tipo de lámparas ha permitido elevar el índice de reproducción cromático a más de 65, lo que, unido a su larga vida útil, hace que sean las más adecuadas para aplicaciones como el alumbrado público.

Estas lámparas consiguen un rendimiento luminoso entre 60 y 130 lm/W, un índice de reproducción cromático de entre 65 y 80. Además, tienen una larga vida útil (alrededor de 12000h).

### 2.3.3. Lámparas LED

El tercer grupo, lo forman las lámparas con LED, que aprovechan el efecto de electroluminiscencia que aparece en los semiconductores.

Los diodos son dispositivos semiconductores unidireccionales. Cuando la corriente circula a través de ellos, los electrones libres de la capa N se mueven a través del diodo y se combinan con los agujeros vacíos de la capa P. Esto implica una caída de la banda de conducción a un menor orbital, de manera que los electrones liberan energía en forma de fotones. El tamaño del salto de banda define el color de la luz.

Como principales características de este tipo de lámparas, destacan su gran eficacia, estando alrededor de los 120 lm/W en algunos modelos. Además, existe una amplia gama de blancos que está comprendida entre la temperatura de 2700K hasta los 5300K. Su índice de reproducción cromática puede superar incluso 90 y su vida útil se sitúa entre las 30000h las 100000h.

A modo de resumen, se adjunta una tabla comparativa de las características de los tipos de lámparas anteriormente citados.

	Gama de potencias (W)	Vida útil (h)	Eficacia (lm/W)	T <sup>2</sup> Color (K)	IRC (%)	Encendido y Reencendido	Equipo auxiliar
Incandescentes	25-2000	1000	8-21,5	2700	100	Instantáneo	no
Halógena	40-100	2000	15-27	2800	100	Instantáneo	si
Tubos fluorescentes	16-65	5000-6000	48-80	2700-6000	70-98	Instantáneo	si (balasto y cebador)
Fluorescente compacta	7,5-50	8000	57-65	2700-6000	85	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
Luz de mezcla	160-500	6000	19-28	3600	60	E: 2min, R: 5-10 min	no
Mercurio A.P.	50-2000	24000	32-60	3500-4500	40-70	E:4-5 min, R:3-6 min	no
Halogenuro metálico	70-3500	10000	75-105	3000-6000	80-90	E: 3-10 min	si (arrancador)
Inducción	70-150	60000	80	3000	>80	Instantáneo	Si (balasto electrónico)
Sodio B.P.	18-180	6000-8000	100-199	-	-	E:15min R:3min	si
Sodio A.P.	35-1000	8000	60-130	2000-2200	25-50	E:5-10min R:1min	si
Sodio Blanco	35-150	12000-15000	40-50	2500	85	E: 12min, R: 3min	Balasto y unidad control
LEDs	1,5-50	50000	60 - 130	2500 - 8000	70 - 98	Instantáneo	Si, incorporado en luminaria

Tabla 23: Fuente: Ampliación de Instalaciones Eléctricas (SJA-018) TEMA 1 – INSTALACIONES DE ILUMINACIÓN.

### 3. Diseño de la instalación de iluminación

#### 3.1. Características del emplazamiento

El emplazamiento que es objeto del proyecto, es una nave industrial destinada al almacenamiento. Esta nave tiene una superficie de 402m<sup>2</sup>, con una altura máxima de la cubierta de 9,02 m.

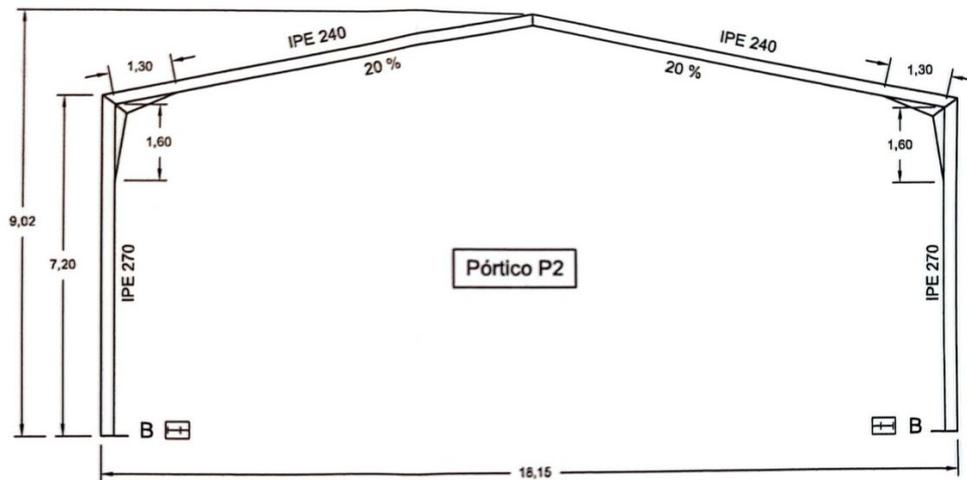


Ilustración 27: Alzado de la planta

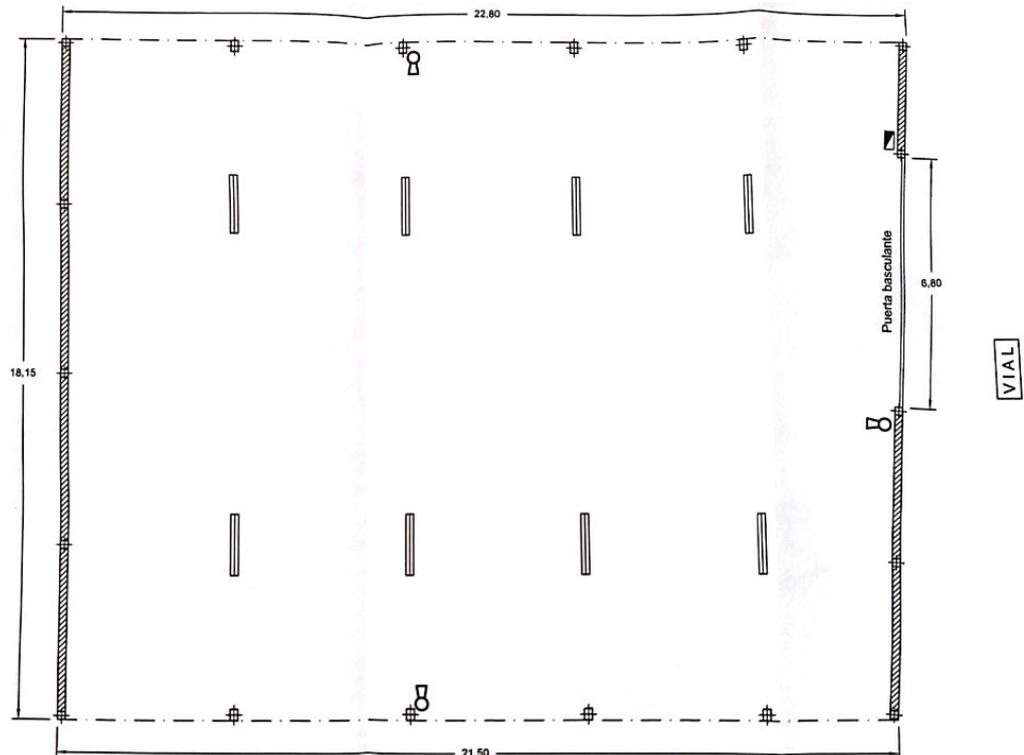


Ilustración 28: Planta de la nave

La cubierta de la nave tiene tragaluces, los cuales no se tendrán en cuenta para realizar el cálculo en su caso más desfavorable. Sí se considerarán objetos que se emplazarán en ella cuando ésta empiece a tener actividad.

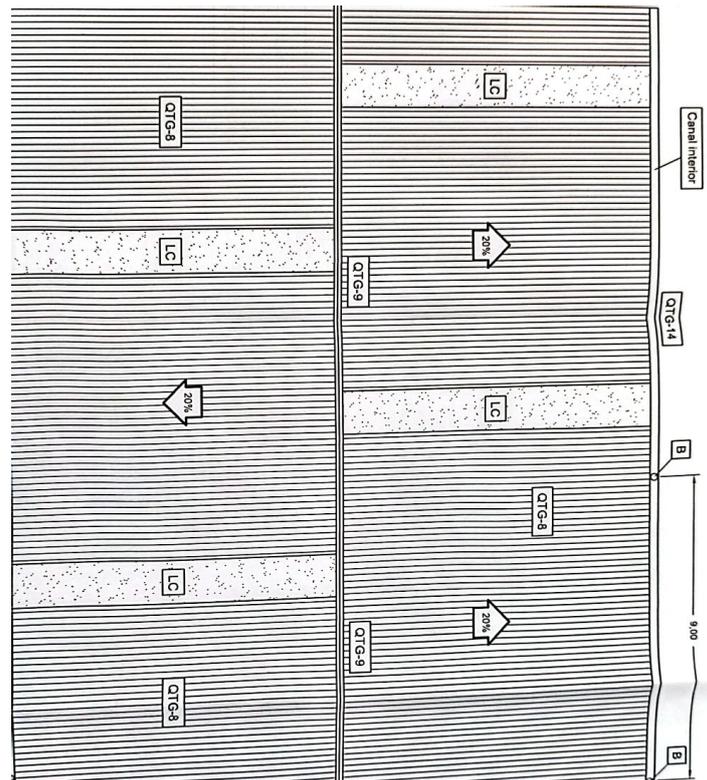


Ilustración 29: Distribución de los tragaluces

### 3.2. Normativa aplicable

La norma que rige la iluminación en interiores, es la UNE 12464.1: Norma europea sobre la iluminación para interiores. El objetivo de estas prescripciones son contribuir a diseñar y ejecutar instalaciones de iluminación en interiores más protectoras de la calidad de vida.

Esta norma recomienda el cumplimiento no solo cuantitativo, sino cualitativo de dos aspectos de la tarea visual como el confort visual y el rendimiento de colores. En lo relativo al confort visual estarán englobados parámetros tales como la relación de luminancias entre tarea y entorno, o el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz, o incluso el modo de evitar deslumbramientos reflejados en las pantallas de ordenadores.

Algunas fuentes de luz empleadas en la iluminación de interiores, no cumplen con unos índices mínimos de reproducción cromática, y lo que esta norma plantea es la prohibición de dichas fuentes de luz en iluminaciones de tareas visuales.

Otro aspecto a tener en cuenta es la utilización de factores de mantenimiento, teniendo en cuenta las pérdidas propias de envejecimiento de los componentes o el ensuciamiento de sus superficies ópticas. Lo que introduce una novedad notable, es el aspecto relativo al rendimiento de colores.

Los requisitos de iluminación determinados para un área de almacenamiento con estanterías, como es el caso del proyecto, son los siguientes:

- Iluminancia mantenida  $E_m$ : 200 lux
- Uniformidad de iluminancia: 0,4
- Índice de rendimiento de los colores  $R_a$ : 60

5. ÁREAS DE ALMACENAMIENTO CON ESTANTERÍAS						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{m lux}$	$UGR_L$	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
5.1	PASILLOS SIN GUARNECER	20	-	0,4	40	· Iluminación a nivel del suelo.
5.2	PASILLOS GUARNECIDOS Y ESTACIONES DE CONTROL	150	22	0,4	60	· Iluminación a nivel del suelo.
5.3	ESTACIONES DE CONTROL	150	22	0,6	80	
5.4	CARA DE LA ESTANTERÍA DE ALMACENAMIENTO	200	-	0,4	60	· Iluminación vertical, puede utilizarse iluminación móvil.

Tabla 24: Fuente UNE 12464.1

### 3.3. Selección de equipos

Como se ha comentado con anterioridad, para calcular los equipos necesarios y su distribución, se utilizará el *software* Dialux. Esto permitirá no sobredimensionar la iluminación de la nave.

En primer lugar, se procede a la modelización en 3D de la nave.

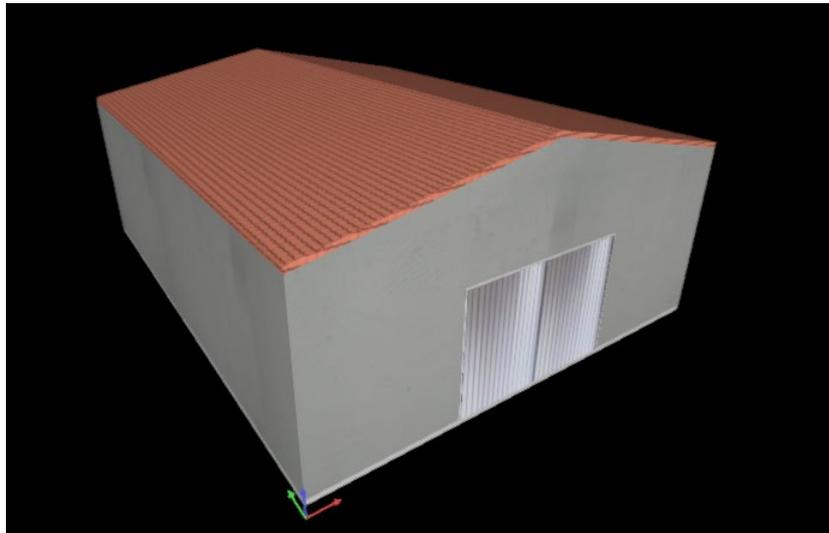


Ilustración 30: Vista exterior de la nave

Para que el nivel de iluminación de la nave sea lo más realista posible, se introducen en la simulación los elementos que albergará la nave cuando esté en funcionamiento.

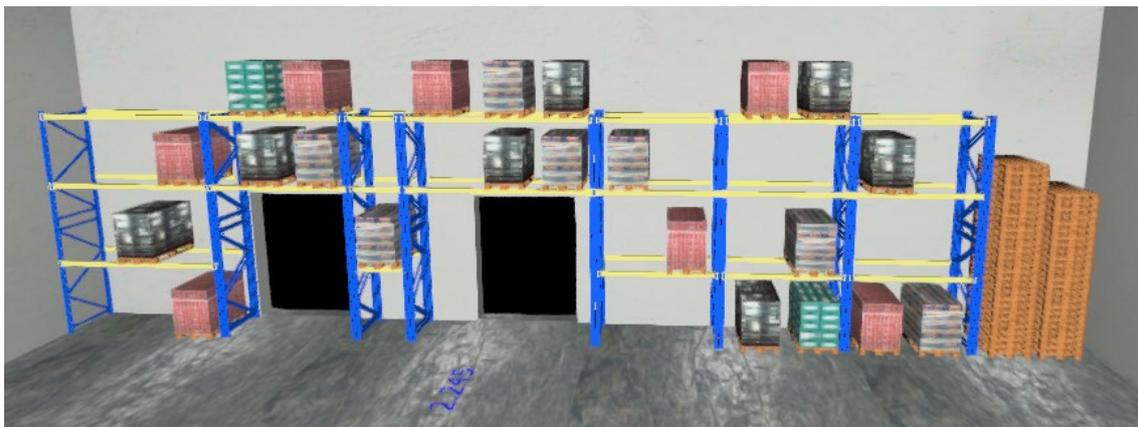


Ilustración 31: Vista interior de la nave con los objetos modelados 1

También deben de añadirse las texturas de las paredes y el suelo, ya que esto influirá en la interacción de la luz con estas superficies.



Ilustración 32: Vista interior de la nave con los objetos modelados 2

De todas las tipologías de lámparas que se han mencionado en el punto anterior **Tipos de lámparas**, se ha optado por instalar las de tipo LED. Esto es debido a su gran eficacia, buen índice de reproducción cromática y una gran vida útil. Se probarán dos configuraciones para ver cual es la más beneficiosa. En ambas se utilizarán luminarias de la marca Philips.

### 3.1.1. Con campana industrial

Las campanas industriales recomendadas para aplicaciones tales como almacenes y centros logísticos.

El modelo escogido es el CoreLine Highbay Gen5 BY120P G5 LED105S/840 PSU WB, el cual tiene las siguientes características:

#### Datos del producto

Información general		Eficacia lumínica (nominal) (Nom)	
Fuente de luz sustituible	No		157 lm/W
Número de unidades de equipo	1 unidad	Índice de reproducción cromática (IRC)	>80
Driver incluido	Sí	Valor de parpadeo (PstLM)	0,5
Lighting Technology	LED	Valor de efecto estroboscópico (SVM)	1
Datos técnicos de la luz		Color de la fuente de luz	840 blanco neutro
Flujo luminoso	10.500 lm	Tipo de óptica	Haz ancho
Rojo saturado (R9)	<50	Apertura del haz de luz de la luminaria	85° x 85°
Temperatura de color correlacionada (Nom)	4000 K	Índice de deslumbramiento unificado CEN	25

Ilustración 33: Ficha de características CoreLine Highbay Gen5 BY120P



Ilustración 34: Luminaria CoreLine Highbay Gen5 BY120P

### 3.1.2. Con luminaria suspendida

La luminaria CoreLine SM136V 60S/840 PSU W20L120 OC puede instalarse adosable o suspendida, siendo utilizada también para sustituir las luminarias de fluorescencia en aplicaciones generales de iluminación.

#### Datos del producto

Información general		Temperatura de color correlacionada (Nom)	
Fuente de luz sustituible	No		4000 K
Número de unidades de equipo	1 unidad	Eficacia lumínica (nominal) (Nom)	135 lm/W
Driver incluido	Sí	Índice de reproducción cromática (IRC)	≥80
Lighting Technology	LED	Valor de parpadeo (PstLM)	1
Escalera de valor	Rendimiento	Valor de efecto estroboscópico (SVM)	0,4
Datos técnicos de la luz		Color de la fuente de luz	840 blanco neutro
Flujo luminoso	6.000 lm	Tipo de óptica	Ángulo del haz de 84°
Rojo saturado (R9)	<50	Apertura del haz de luz de la luminaria	84°
		Índice de deslumbramiento unificado CEN	19

Ilustración 35: Ficha de características SM136V



Ilustración 36: Luminaria SM136V

### 3.4. Resultados obtenidos

Los resultados que se van a presentar se han calculado sin luz diurna y son los siguientes:

#### 3.1.3. Con campana industrial



Ilustración 37: Simulación con Dialux del nivel de iluminación

Para poder cumplir con la normativa, se necesitarían instalar 12 luminarias del modelo CoreLine Highbay Gen5 BY120P G5 LED105S/840 PSU WB, con los que se obtendrían los siguientes resultados:

- Iluminancia mantenida  $E_m$ : 215 lux  $\geq$  200 lux
- Uniformidad de iluminancia: 0,40  $\geq$  0,40

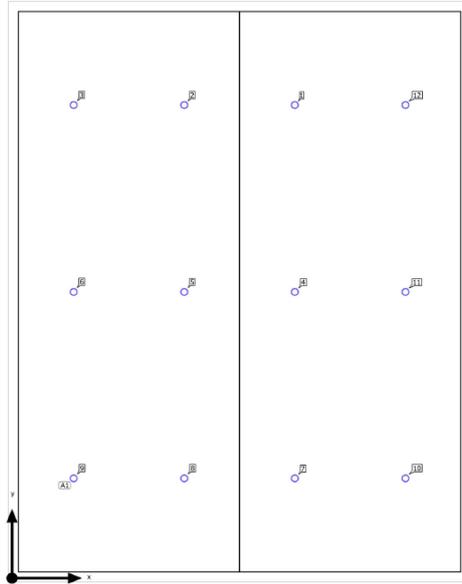


Ilustración 38: Distribución de las campanas industriales

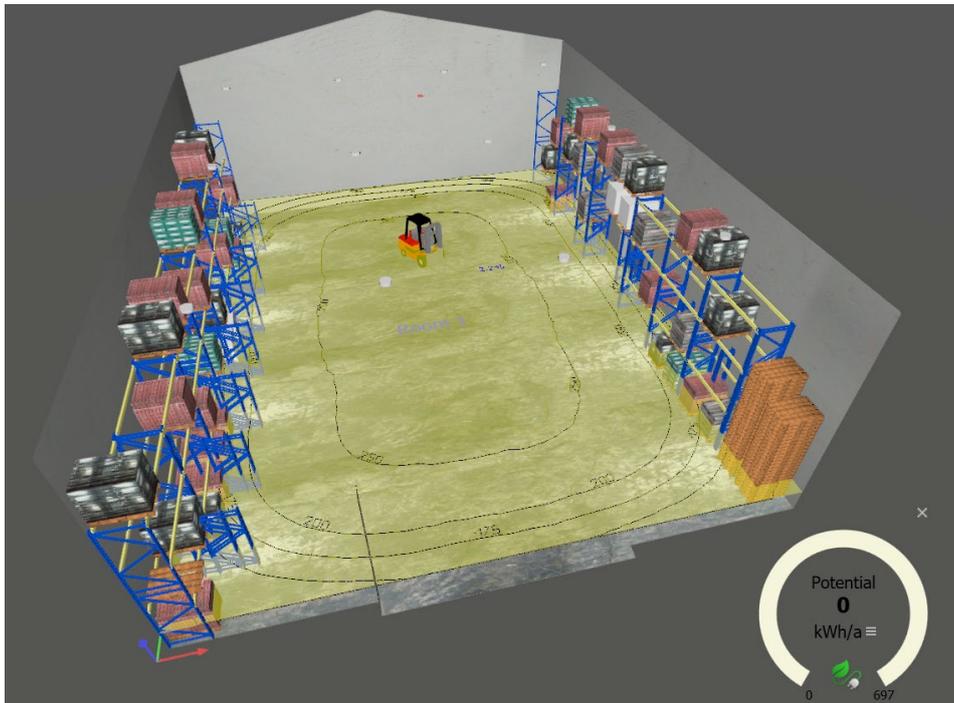


Ilustración 39: Isótopos del nivel de iluminancia sobre el plano de trabajo

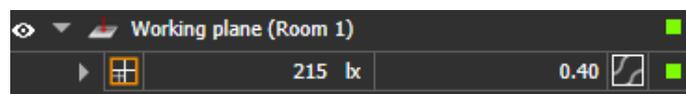


Ilustración 40: Nivel de iluminación medio y de uniformidad

Como curiosidad, cabe indicar que Dialux predice el consumo que tendrá la instalación en función de las horas de actividad. Este se estima que será de alrededor de 697 kWh anuales.

También ofrece el LENI (*Lighting Energy Numeric Indicator*), el cual se utiliza como indicador en la clasificación energética de los sistemas de iluminación. Se mide en kWh/m<sup>2</sup> por año. El método de cálculo se describe en la norma EN 15193. Los factores esenciales son la carga instalada de la iluminación en la habitación o edificio que se compara y también los factores de uso, mantenimiento y luz del día.

Por último, también calcula el coste de la electricidad de la instalación, en este caso de alrededor de 209 € anuales. Con un precio medio de la electricidad del kWh de 0,30€.

Maximum energy demand:	697 kWh/a
Estimated energy demand:	697 kWh/a
Maximum energy saving:	0 kWh/a (0%)
LENI:	2 kWh/(m <sup>2</sup> * a)
Costs:	209 €/a
CO <sub>2</sub> :	279 kg/a

Ilustración 41: Consumo, LENI y coste anual de la iluminación

#### 3.1.4. Con luminaria suspendida

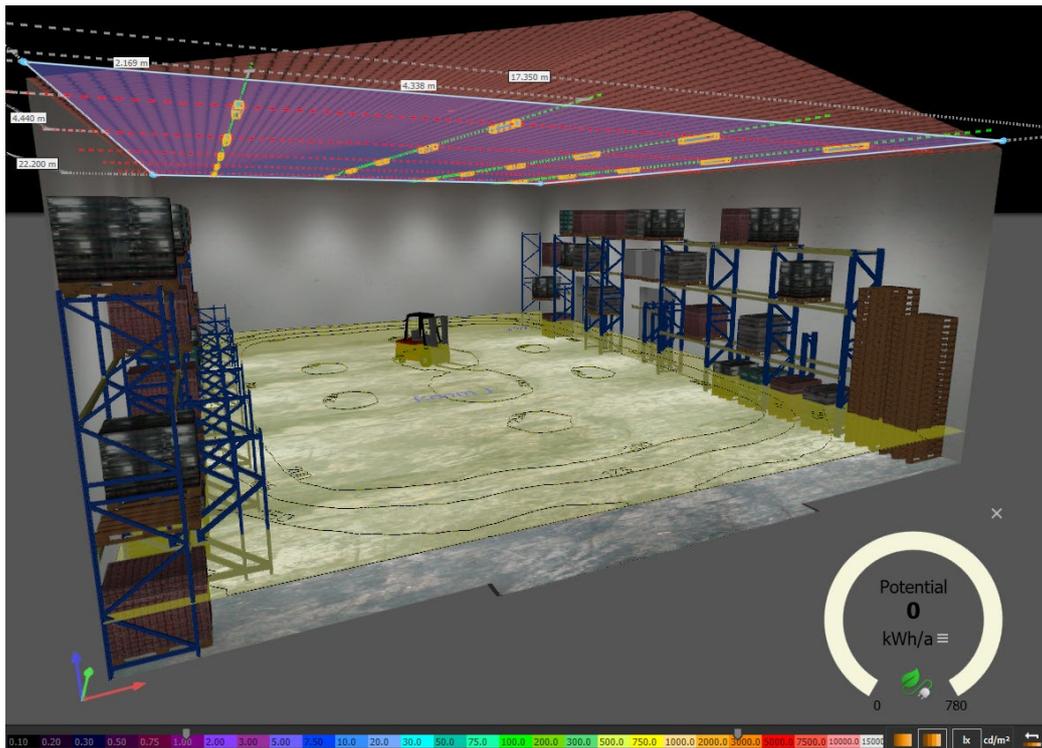


Ilustración 42: Simulación con Dialux del nivel de iluminación

Para poder cumplir con la normativa, se necesitarían instalar 20 luminarias del modelo CoreLine SM136V 60S/840 PSU W20L120 OC, con los que se obtendrían los siguientes resultados:

- Iluminancia mantenida  $E_m$ : 201 lux > 200 lux
- Uniformidad de iluminancia: 0,42 > 0,33

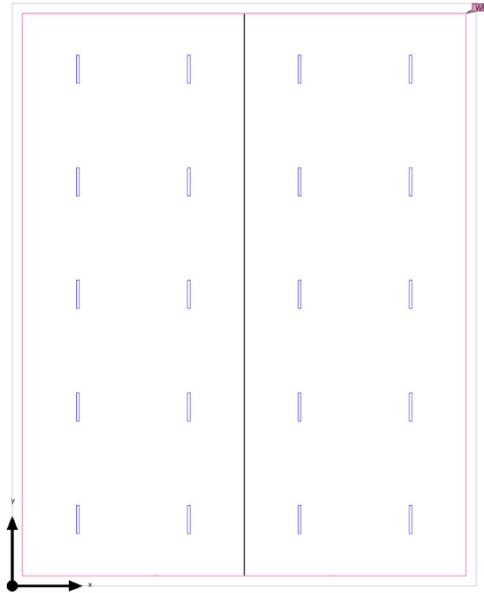


Ilustración 43: Distribución con luminaria suspendida

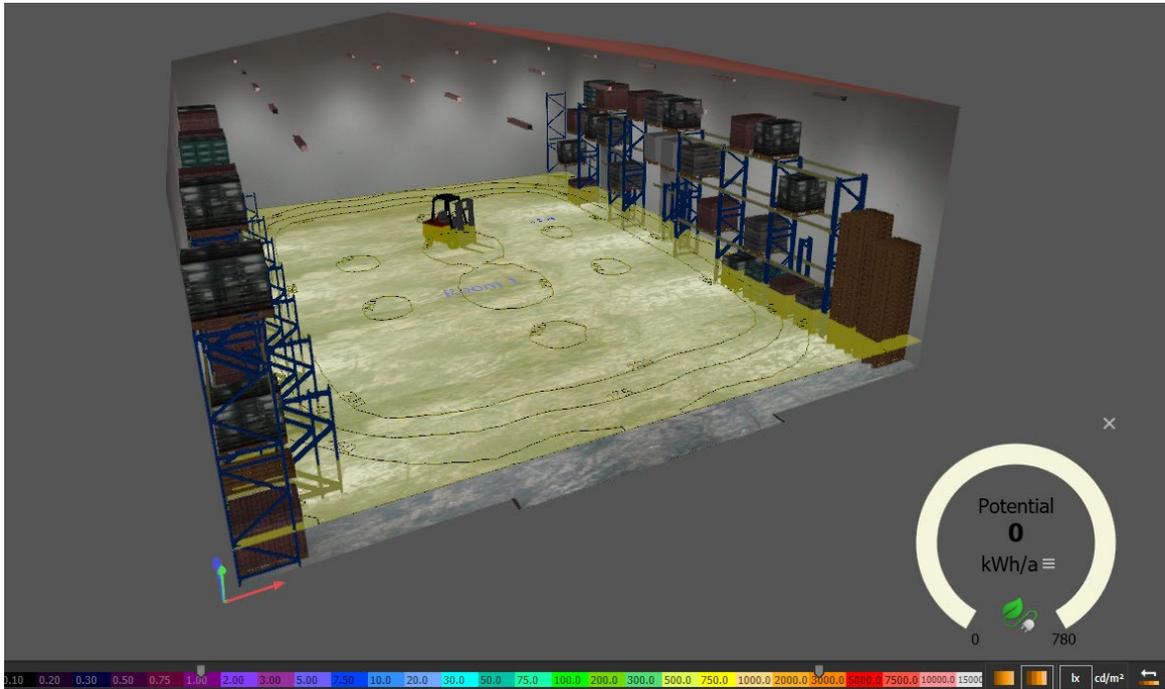


Ilustración 44: Isocintas del nivel de iluminación sobre el plano de trabajo

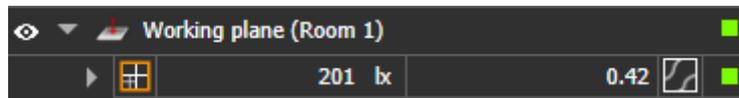


Ilustración 45: Nivel de iluminación medio y de uniformidad

Cabe indicar de nuevo, que Dialux predice el consumo que tendrá la instalación en función de las horas de actividad. Este se estima que será de alrededor de 780 kWh anuales.

Por último, el coste de la electricidad de la instalación que calcula Dialux es en este caso de alrededor de 234 € anuales, con un precio medio de la electricidad del kWh de 0,30€.

Estimated energy demand and costs	
Maximum energy demand:	780 kWh/a
Estimated energy demand:	780 kWh/a
Maximum energy saving:	0 kWh/a (0%)
LENI:	2 kWh/(m <sup>2</sup> * a)
Costs:	234 €/a
CO <sub>2</sub> :	313 kg/a

Ilustración 46: Consumo, LENI y coste anual de la iluminación

### 5.3. Cableado y protección

El cableado conecta los componentes y dispositivos de protección y control. Este está sujeto al Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Según este, la sección mínima del cable depende de la caída de tensión máxima tolerada en la línea, de la intensidad máxima que puede circular, de la longitud del conductor y del metal conductor. Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$S = \frac{2 \cdot I \cdot L}{k \cdot U}$$

Ecuación 24: Sección del cable

Donde:

- $I$ : Es la intensidad en A.
- $L$ : Es la longitud del cableado.
- $U$ : Es la caída de tensión aceptable.
- $k$ : Es la conductividad del cable en  $m / (\Omega \cdot mm^2)$ .
- $S$ : Es la sección del cable en  $mm^2$ .

Según el REBT, Cálculo de los Conductores por Caída de Tensión (ITC-BT-19), la caída de tensión máxima es del 3 % para cualquier circuito interior de viviendas, y para otras instalaciones interiores o receptoras, del 3 % para alumbrado y del 5 % para los demás usos. Esta caída de tensión se calculará considerando alimentados todas las luminarias de utilización susceptibles de funcionar simultáneamente.

Para calcular la sección mínima se necesitará distribuir las luminarias. Se tendrá en cuenta el número máximo de luminarias que permite agrupar el fabricante, el cual en el documento de instalación de cada una de ellas reflejan este límite. Esto en parte es debido a la corriente de arranque o *inrush current*, las cuales son muy elevadas. A causa de la prácticamente nula o muy pequeña impedancia de entrada de un sistema de alimentación electrónico, se da lugar a una corriente inicial muy alta antes de llegar a un estado estacionario o de funcionamiento normal.

### 5.3.1 Distribución con campanas industriales

Para este tipo de luminaria se ha decidido agrupar 4 de ellas por circuito, debido a la distribución que tienen en la nave. De esta manera con un magnetotérmico de 16 A de curva B, se protegería cada circuito.

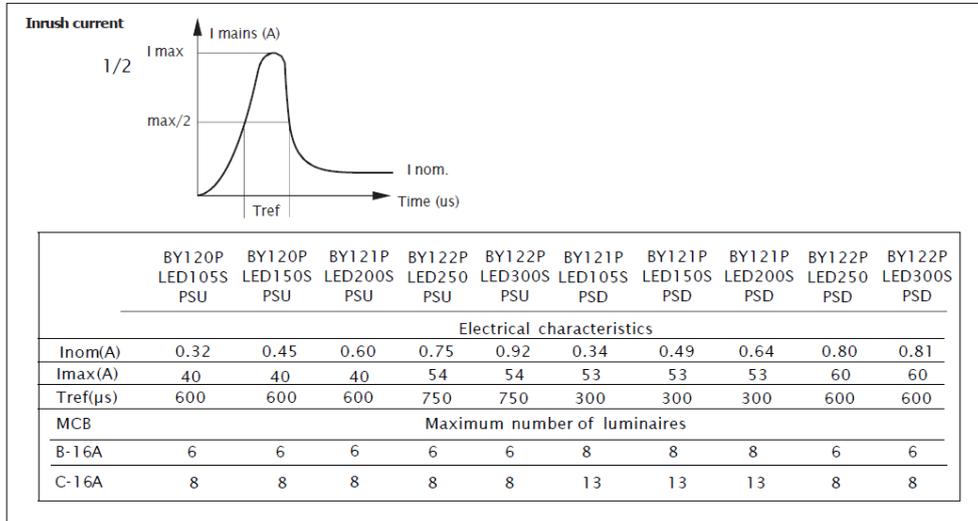


Ilustración 47: Curva de arranque CoreLine Highbay Gen5 BY120P

La longitud del cable sería de 40,125 m, el cual no puede tener una caída de tensión superior al 3%. Como puede observarse en la ilustración 3, la intensidad que consume una luminaria es de 0,32 A. Por lo tanto, según la distribución elegida, por el cable pasará una corriente de 1,28 A.

Valores de conductividad (γ) en m/(Ω·mm<sup>2</sup>)

	TEMPERATURA DEL CONDUCTOR		
	20 °C	TERMOPLÁSTICOS 70 °C	TERMOESTABLES 90 °C
Cu	58,00	48,47	45,49
Al	35,71	29,67	27,8

Tabla 25: <https://www.prysmianclub.es/n2-calculos-de-caidas-de-tension-valores-oficiales-de-conductividad-para-cu-y-al/>.

El tipo de cable será unipolar, con recubrimiento de XLPE. La conductividad de un cable de cobre es de 58 m / (Ω · mm<sup>2</sup>) a 20°C y si se tiene en cuenta que el cable se puede llegar a calentar a temperaturas de hasta 90°C, su conductividad se reduce hasta los 45,49 m / (Ω · mm<sup>2</sup>).

Aplicando la Ecuación 24: Sección del cable, se determina que la sección del cable debe ser de 0,29 mm<sup>2</sup>, por lo que se escoge una sección normalizada de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Según la norma UNE 20460-5-523:2004 del reglamento de baja tensión, la sección debe cumplir con los criterios de intensidad máxima admisible por sección, resumidos en su tabla 52, adjunta en los Anexos.

Teniendo en cuenta que es un conductor unipolar de XLPE, instalado en conductos sobre pared (tipo B1), debemos mirar la columna 10b. Dentro de esta, en las filas del cobre, nos damos cuenta de que para una sección de 1,5 mm<sup>2</sup>, el cable es capaz de transportar una corriente de hasta 20 A, muy superior a los 1,28 A que demandan estas luminarias.

### 5.3.2 Distribución luminarias suspendidas

Para este tipo de luminaria se ha decidido agrupar 5 de ellas por circuito, debido a la distribución que tienen en la nave. De esta manera con dos magnetotérmico de 10 A de curva B, se protegerían los 4 circuitos.

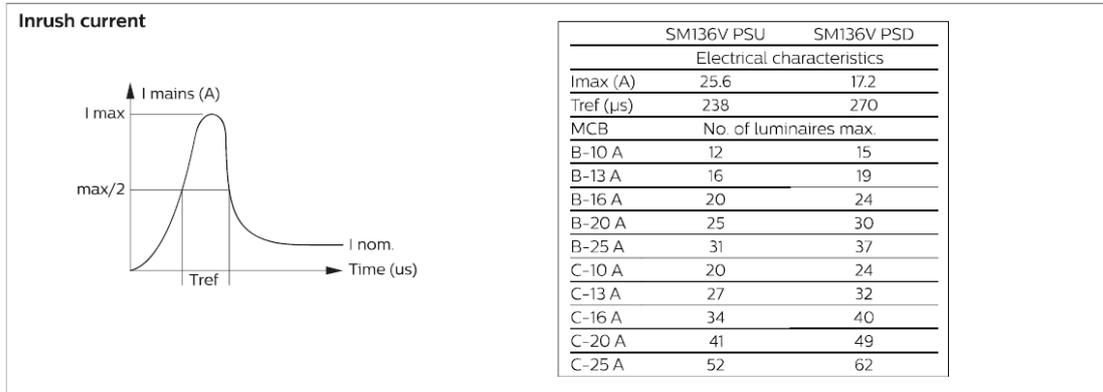


Ilustración 48: Curva de arranque SM136V

La longitud del cable sería de 43,11 m, el cual no puede tener una caída de tensión superior al 3%. Como puede observarse en la ilustración 3, la intensidad que consume una luminaria es de 0,19 A. Por lo tanto, según la distribución elegida, por el cable pasará una corriente de 0,95 A.

El tipo de cable será unipolar con recubrimiento de XLPE. La conductividad de un cable de cobre es de 58 m / (Ω · mm<sup>2</sup>) a 20°C y si se tiene en cuenta que el cable se puede llegar a calentar a temperaturas de hasta 90°C, su conductividad se reduce hasta los 45,49 m / (Ω · mm<sup>2</sup>).

Aplicando la Ecuación 24, se determina que la sección del cable debe ser de 0,26 mm<sup>2</sup>, por lo que se escoge una sección normalizada de 1,5 mm<sup>2</sup>.

Según la norma UNE 20460-5-523:2004 del reglamento de baja tensión, la sección debe cumplir con los criterios de intensidad máxima admisible por sección, resumidos en su tabla 52, adjunta en los anexos. Teniendo en cuenta que es un conductor unipolar de XLPE, instalado en conductos sobre pared (tipo B1). Dentro de esta, en las filas del cobre, nos damos cuenta de que para una sección de 1,5 mm<sup>2</sup>, el cable es capaz de transportar una corriente de hasta 20 A, muy superior a los 0,95 A que demandan estas luminarias.

#### 5.4. Puesta a tierra

Las secciones de los conductores de protección y de enlace y las características de los electrodos de tierra cumplirán lo prescrito en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión ITC-BT-18.

En este reglamento se especifica que la sección de los conductores de protección se obtendrá conforme a la siguiente tabla.

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

Tabla 26: Secciones del conductor de protección

Teniendo en cuenta esta tabla, los conductores de protección, al igual que el resto de conductores, tendrán una sección de 1,5mm<sup>2</sup>. Para los conductores de puesta a tierra se utilizará un cableado bicolor, amarillo y verde

Los conductores de protección deberán unirse al borne principal de tierra, este borne se situará en un lugar accesible dentro de la edificación donde se situará el inversor. A este borne irá conectado el conductor de tierra.

## 4. Presupuesto

En este apartado se va a determinar el presupuesto total del material y equipos necesarios para la ejecución de este capítulo. En el apartado de estado de mediciones y presupuesto se puede ver en detalle este apartado.

#### 4.1. Presupuesto con campana

Descripción	Precio unitario	Unidades	Total
CoreLine Highbay Gen5 BY120P G5 LED105S/840 PSU WB	266,09 €	12	3.193,09 €
AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 1,5 mm <sup>2</sup>	0,31 €	294,5	91,30 €
Tubo PVC	1,03 €	98,2	101,15 €
Caja conexión estanca IP55	1,37 €	15	20,55 €
			<b>3.406,09 €</b>

#### 4.2. Presupuesto con suspendida

Descripción	Precio unitario	Unidades	Total
CoreLine SM136V 60S/840 PSU W20L120 OC	152,77 €	20	3.055,53 €
AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 1,5 mm <sup>2</sup>	0,31 €	353,9	109,71 €
Tubo PVC	1,03 €	117,98	121,52 €
Caja conexión estanca IP55	1,37 €	24	32,88 €
			<b>3.319,64 €</b>

## 5. Diseño elegido y justificación

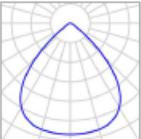
Tras analizar ambas propuestas, se elige la opción con campanas industriales Philips CoreLine Highbay Gen5 BY120P G5 LED105S/840 PSU WB.

Aunque su inversión es 86,45 € mayor, su eficacia luminosa también lo es. Atendiendo el coste anual previsto de iluminación, se observa un ahorro de 25€ con esta configuración. De esta manera, en 3,46 años se recuperaría ese mayor coste.

Estimated energy demand and costs			
Maximum energy demand:	780 kWh/a	Maximum energy demand:	697 kWh/a
Estimated energy demand:	780 kWh/a	Estimated energy demand:	697 kWh/a
Maximum energy saving:	0 kWh/a (0%)	Maximum energy saving:	0 kWh/a (0%)
LENI:	2 kWh/(m <sup>2</sup> * a)	LENI:	2 kWh/(m <sup>2</sup> * a)
Costs:	234 €/a	Costs:	209 €/a
CO <sub>2</sub> :	313 kg/a	CO <sub>2</sub> :	279 kg/a

Ilustración 49: Consumo electricidad (Iz. SM136V, Der. HighBay Gen5)

El ahorro anterior es sin tener en cuenta el coste de instalación, ya que al necesitarse un menor número, los costes de instalación también serán menores.

			
<b>Manufacturer</b>	Philips	<b>P</b>	67.0 W
<b>Article name</b>	BY120P G5 LED105S/840 WB PSU	<b>Φ<sub>Luminaire</sub></b>	10499 lm
<b>Fitting</b>	1x LED105S/840		

12 x Philips BY120P G5 LED105S/840 WB PSU					
Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	11.094 m / 18.750 m / 7.444 m	11.094 m	18.750 m	7.444 m	1
X-direction	4 pcs., Centre - centre, 4.338 m	6.756 m	18.750 m	7.444 m	2
Y-direction	3 pcs., Centre - centre, 7.400 m	2.419 m	18.750 m	7.444 m	3
Arrangement	A1	11.094 m	11.350 m	7.444 m	4
		6.756 m	11.350 m	7.444 m	5
		2.419 m	11.350 m	7.444 m	6
		11.094 m	3.950 m	7.444 m	7
		6.756 m	3.950 m	7.444 m	8
		2.419 m	3.950 m	7.444 m	9
		15.431 m	3.950 m	7.444 m	10
		15.431 m	11.350 m	7.444 m	11
		15.431 m	18.750 m	7.444 m	12

Ilustración 50: Distribución y luminaria escogida

## 6. Conclusiones

Tras analizar con Dialux dos posibles soluciones para la iluminación de la nave, se ha decidido optar por la instalación de campanas industriales LED debido a su menor consumo de energía y a su menor número de unidades necesarias, la cual cosa reduce los costes de montaje.

Como posibles mejoras de la instalación en un futuro, estas luminarias pueden complementarse de un detector de movimiento para su encendido, por lo que de esta manera se optimizaría su uso restringiéndolo únicamente a cuando existe actividad en la nave.



# Anexos



# UNE 12464.1

---

Norma europea sobre  
la iluminación para  
interiores

# Norma europea sobre la iluminación para interiores-UNE 12464.1

En el ámbito de la Unión Europea, el Parlamento y el Consejo redactaron y publicaron en el año 2002 la Directiva 2002/91/CE relativa a la Eficiencia Energética de los Edificios, de aplicación obligatoria en los países miembros (entre los cuales se encuentra España), una vez transcurrido el período transitorio de adecuación correspondiente. Esta Directiva impulsa la consecución de la mayor eficiencia energética posible en todas y cada una de las instalaciones que concurren en un edificio, entre las cuales se encuentra la iluminación. Tal y como se indica en sus capítulos, se trata de reducir los consumos excesivos de energía hasta en un 22% obligando a la adopción de medidas de ahorro y recuperación energética y se aconseja la sustitución de ciertas fuentes de energía escasas y contaminantes por otras renovables y menos agresivas con el medio ambiente. Inmersos en el cumplimiento de dicha Directiva, en nuestro país se están desarrollando múltiples esfuerzos enfocados a la consecución de dicha mejora energética en las instalaciones de alumbrado, constituyendo de este modo una seria y responsable respuesta a las peticiones que surgen de todos los ámbitos de la Sociedad. Pero no debe nunca olvidarse que en paralelo con este deseo de ahorrar energía coexiste una obligación, que es la de conseguir satisfacer los criterios de calidad precisos para que las instalaciones de iluminación proporcionen no sólo los niveles suficientes, sino también la satisfacción de todos aquellos parámetros que contribuyen a crear un ambiente confortable y seguro en los lugares de trabajo. Afortunadamente en septiembre de 2002 se aceptó la redacción por parte de la Comisión de Normalización Europea de la norma UNE 12464-1 relativa a "Iluminación de los lugares de trabajo en interior", por lo que a finales de mayo de 2003 han tenido que ser retiradas todas aquellas normas nacionales que pudieran entrar en conflicto con la nueva norma. Esta nueva norma, a la que debe acudir en el origen de todos los proyectos de iluminación para lugares de trabajo en interiores recomienda el cumplimiento no solo cuantitativo, sino cualitativo de dos aspectos de la tarea visual que se resumen brevemente:

- Confort visual
- Rendimiento de colores

Dentro del confort visual estarán englobados parámetros tales como la relación de luminancias entre tarea y entorno, o el control estricto del deslumbramiento producido por las fuentes de luz, o incluso el modo de evitar deslumbramientos reflejados en las pantallas de ordenadores.

En un aspecto más materialista se describe de modo muy detenido la importancia de la utilización de factores de mantenimiento correctos a emplear en las instalaciones de alumbrado, teniendo en cuenta las pérdidas propias de envejecimiento de los componentes o el ensuciamiento de sus superficies ópticas. Pero lo que de verdad introduce una novedad notable, por lo que significa de mejora para el usuario de las instalaciones, es el aspecto relativo al rendimiento de colores. Como todo el mundo probablemente conoce existen una serie de fuentes de luz, masivamente empleadas en la iluminación de interiores, por razones exclusivamente crematísticas que no cumplen con unos índices mínimos de reproducción cromática, y lo que esta norma plantea es la prohibición de dichas fuentes de luz en iluminaciones de tareas visuales.

Así, por ejemplo, se exige un  $Ra > 80$  en la conocida escala de 0 a 100 para iluminar cualquier tarea visual en salas o recintos en los que la ocupación sea de gran duración o permanente, y no ocasional como podría suceder en corredores o pasillos. Estas prescripciones recogidas convenientemente en esta nueva Norma contribuirán a diseñar y ejecutar instalaciones de iluminación en interiores mucho más "humanas" y protectoras de la calidad de vida y condiciones de trabajo en el quehacer cotidiano. Cabe pensar que hay que felicitar a la Comisión Europea de Normalización y los países de la Unión Europea por haber refrendado los deseos de los usuarios de las instalaciones satisfaciendo sus ya antiguas reivindicaciones en cuanto al tratamiento de los colores y del confort visual además de la seguridad.

## REQUISITOS DE ILUMINACIÓN SEGÚN ACTIVIDAD

Los requisitos de iluminación son determinados por la satisfacción de tres necesidades humanas básicas:

- **Confort visual;** en el que los trabajadores tienen una sensación de bienestar, de un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de la productividad.
- **Prestaciones visuales;** en el que los trabajadores son capaces de realizar sus tareas visuales, incluso en circunstancias difíciles y durante periodos más largos.
- **Seguridad**

En este capítulo podrá encontrar el tipo de actividad de su lugar de trabajo y conocer los requisitos de iluminación que establece la Norma.

**Columna 1:** recoge el **número de referencia** para cada (área) interior, tarea o actividad.

**Columna 2:** recoge las **(áreas) interiores, tareas o actividades**, para las que están dados los requisitos específicos. Si el (área) interior, tarea o actividad particular no está recogida, deberían adoptarse los valores dados para una situación similar, comparable.

**Columna 3:** da la **iluminancia mantenida  $E_m$**  en la superficie de referencia para el (área) interior, tarea o actividad dada en la columna 2. La iluminancia media para cada tarea no debe caer del valor en tablas para cada área, independientemente de la edad y estado de la instalación. La iluminancia mantenida puede ser disminuida en circunstancias inusuales o aumentada en circunstancias críticas (trabajos de precisión).

**Columna 4:** cuando los **límites de UGR (límite de Índice de Deslumbramiento Unificado UGR)** son aplicables a la situación recogida en la columna 2.

**Columna 5:** proporciona los **índices de rendimiento de colores (Ra)** mínimos para la situación recogida en la columna 2.

**Columna 6:** se dan avisos y pies de notas para excepciones y aplicaciones especiales para las situaciones recogidas en la columna 2.

## UNE 12464.1-Norma europea sobre la iluminación para interiores

### TABLA DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES (CONTINUACIÓN)

#### 5. INDUSTRIA QUÍMICA, PLÁSTICOS, CAUCHO

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{m lux}$	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
5.1	INSTALACIONES POR CONTROL REMOTO	50	-	0,4	20	
5.2	INSTALACIONES CON INTERVENCIÓN MANUAL LIMITADA	150	28	0,4	40	· Se deben reconocer los colores de seguridad.
5.3	PUESTOS DE TRABAJO PROTEGIDOS EN INSTALACIONES DE TRATAMIENTO	300	25	0,6	80	
5.4	SALAS DE MEDIDAS DE PRECISIÓN, LABORATORIOS	500	19	60	80	
5.5	PRODUCCIÓN FARMACÉUTICA Y DE NEUMÁTICOS	500	22	0,6	80	
5.6	INSPECCIÓN DE COLORES	1.000	16	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
5.7	CORTE, ACABADO, INSPECCIÓN	750	19	0,7	80	

#### 6. INDUSTRIA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{m lux}$	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
6.1	FABRICACIÓN DE CABLE, HILOS Y BOBINAS GRANDES	300	25	0,6	80	
6.2	BOBINAS MEDIANAS	500	22	0,6	80	
6.3	BOBINAS PEQUEÑAS	750	19	0,7	80	
6.4	IMPREGNACIÓN DE BOBINAS Y GALVANIZACIÓN	300	25	0,6	80	
6.5	TRABAJO DE ENSAMBLAJE BASTO (EJ. TRANSFORMADORES GRANDES)	300	25	0,6	80	
6.6	TRABAJO DE ENSAMBLAJE MEDIO (EJ. CUADRO DE CONTADORES)	500	22	0,6	80	
6.7	TRABAJO DE ENSAMBLAJE FINO (EJ. TELÉFONOS)	750	19	0,7	80	
6.8	TRABAJO DE ENSAMBLAJE DE PRECISIÓN (EJ. EQUIPO DE MEDIDA)	1.000	16	0,7	80	
6.9	TALLERES DE ELECTRÓNICA, ENSAYOS, PUESTA A PUNTO	1.500	16	0,7	80	

#### 7. PRODUCTOS ALIMENTICIOS E INDUSTRIA DE ALIMENTOS DE LUJO

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{m lux}$	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
7.1	ZONAS DE TRABAJO EN GENERAL	200	25	0,4	80	
7.2	CLASIFICACIÓN Y LAVADO DE PRODUCTOS (MOLIENDA, MEZCLADO Y ENVASADO)	300	25	0,6	80	
7.3	ZONAS DE TRABAJO CRÍTICAS (MATADEROS, MOLINOS, CARNICERÍA, FILTRADO, ETC.)	500	25	0,6	80	
7.4	CORTE Y CLASIFICACIÓN DE FRUTAS Y VEGETALES	300	25	0,6	80	
7.5	FABRICACIÓN DE ALIMENTOS DE DELICATESSEN, PUROS Y CIGARRILLOS Y TRABAJO EN COCINAS	500	22	0,6	80	
7.6	INSPECCIÓN DE VIDRIOS Y BOTELLAS, CONTROL DE PRODUCTOS, CLASIFICACIÓN Y DECORACIÓN	500	22	0,6	80	
7.7	LABORATORIOS	500	19	0,6	80	
7.8	INSPECCIÓN DE COLORES PRODUCTOS (ENVASADO, MOLIENDA)	1.000	16	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.

#### 8. FUNDICIONES Y COLADA DE METALES

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_{m lux}$	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
8.1	FOSOS TAMAÑO HOMBRE, SÓTANOS	50	-	0,4	20	· Se deben reconocer los colores de seguridad.
8.2	PLATAFORMAS	100	25	0,4	40	
8.3	PREPARACIÓN DE ARENA, VESTUARIO, PUESTOS DE TRABAJO EN CÚPULA Y MEZCLADOR, NAVE DE COLADA, ÁREAS DE SACUDIDA POR VIBRACIÓN, MOLDEO EN MÁQUINA	200	25	0,4	80	
8.4	MOLDEO A MANO, MOLDEO DE NÚCLEOS Y A PRESIÓN	300	25	0,6	80	
8.5	CONSTRUCCIÓN DE MODELOS	500	22	0,6	80	

# Norma europea sobre la iluminación para interiores-UNE 12464.1

## TABLA DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES (CONTINUACIÓN)

### 9. PELUQUERÍAS

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
9.1	TRABAJO DE PELUQUERÍA	500	19	0,6	90	

### 10. FABRICACIÓN DE JOYAS

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
10.1	TRABAJO CON PIEDRAS PRECIOSAS	1.500	16	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
10.2	FABRICACIÓN DE JOYAS	1.000	16	0,7	90	
10.3	RELOJERÍA (MANUAL)	1.500	16	0,7	80	
10.4	RELOJERÍA (AUTOMÁTICA)	500	19	0,6	80	

### 11. LAVANDERÍAS Y LIMPIEZA EN SECO

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
11.1	MARCADO Y CLASIFICACIÓN DE ARTÍCULOS	300	25	0,6	80	
11.2	LAVADO, PLANCHADO, PLANCHADO A VAPOR Y LIMPIEZA EN SECO	300	25	0,6	80	
11.3	INSPECCIÓN Y REPARACIONES	750	19	0,7	80	

### 12. CUERO Y ARTÍCULOS DE CUERO

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
12.1	TRABAJO EN TINAS, BARRILES Y POZOS	200	25	0,4	40	
12.2	DESCARNADO, ADELGAZADO, FROTADO, LIMPIEZA EN TAMBOR DE PIELS	300	25	0,4	80	
12.3	CURTIDO Y FABRICACIÓN DE ZAPATOS	500	22	0,6	80	
12.4	CLASIFICACIÓN	500	22	0,6	90	
12.5	TEÑIDO DE CUERO (MÁQUINA)	500	22	0,6	80	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
12.6	CONTROL DE CALIDAD	1.000	19	0,7	80	
12.7	INSPECCIÓN DE COLORES	1.000	16	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
12.8	FABRICACIÓN DE ZAPATOS Y GUANTES	500	22	0,6	80	

### 13. TRABAJO Y TRATAMIENTO DE METALES

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
13.1	FORJA EN TROQUEL ABIERTO	200	25	0,6	60	
13.2	ESTAMPACIÓN EN CALIENTE Y SOLDADURA	300	25	0,6	60	
13.3	MECANIZACIÓN BASTA Y MEDIA (TOLERANCIAS $\geq$ 0,1 MM)	300	22	0,6	60	
13.4	MECANIZACIÓN DE PRECISIÓN (TOLERANCIAS $<$ 0,1 MM)	500	19	0,7	60	
13.5	TRAZADO, INSPECCIÓN	750	19	0,7	60	
13.6	TALLERES DE ESTIRADO DE HILOS Y TUBOS, CONFORMADO EN FRÍO	300	25	0,6	60	
13.7	MECANIZACIÓN DE CHAPA (ESPESOR $\geq$ 5 MM)	200	25	0,6	60	
13.8	MECANIZACIÓN DE CHAPA (ESPESOR $<$ 5 MM)	300	22	0,6	60	
13.9	FABRICACIÓN DE HERRAMIENTAS Y EQUIPO DE CORTE	750	19	0,7	60	
13.10	MONTAJE BASTO	200	25	0,6	80	
13.11	MONTAJE MEDIO	300	25	0,6	80	
13.12	MONTAJE FINO	500	22	0,6	80	
13.13	MONTAJE PRECISIÓN	750	19	0,7	80	
13.14	GALVANIZACIÓN	300	25	0,6	80	
13.15	PREPARACIÓN DE SUPERFICIES Y PINTURA	750	25	0,7	80	
13.16	FABRICACIÓN DE HERRAMIENTAS, PATRONES, MECÁNICA DE PRECISIÓN Y MICROMECAÁNICA	1.000	19	0,7	80	

## UNE 12464.1-Norma europea sobre la iluminación para interiores

### TABLA DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES (CONTINUACIÓN)

#### 14. PAPEL Y ARTÍCULOS DE PAPEL

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E <sub>m</sub> lux	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>	OBSERVACIONES
14.1	MOLINO VERTICAL Y MOLINOS DE PULPA	200	25	0,4	80	
14.2	FABRICACIÓN DE PAPEL, MÁQUINAS DE PAPEL Y ONDULACIÓN, FABRICACIÓN DE CARTÓN	300	25	0,6	80	
14.3	ENCUADERNADO, NORMALIZADO, PLEGADO, CLASIFICACIÓN, ENCOLADO, CORTE, GRABADO Y COSIDO	500	22	0,6	80	

#### 15. CENTRALES DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E <sub>m</sub> lux	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>	OBSERVACIONES
15.1	PLANTA DE SUMINISTRO DE COMBUSTIBLE	50	-	0,4	20	· Se deben reconocer los colores de seguridad.
15.2	SALA CALDERA	100	28	0,4	40	
15.3	SALAS DE MÁQUINAS	200	25	0,4	80	
15.4	SALAS LATERALES (DE BOMBAS, DE CONDENSADORES, ETC.)	200	25	0,4	60	
15.5	SALAS DE CONTROL	500	16	0,7	80	· Los paneles de control suelen estar en vertical. Puede requerirse atenuación.

#### 16. IMPRENTAS

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E <sub>m</sub> lux	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>	OBSERVACIONES
16.1	CORTE, GRABADO, CLICHÉS, PLACAS...	500	19	0,6	80	
16.2	CLASIFICACIÓN DE PAPEL E IMPRESIÓN	500	19	0,6	80	
16.3	AJUSTES, RETOQUES, LITOGRAFÍA	1.000	19	0,7	80	
16.4	INSPECCIÓN DE COLORES	1.500	16	0,7	90	· 5000 K ≤ TCP ≤ 6500K.
16.5	GRABADO EN ACERO Y COBRE	2.000	16	0,7	80	

#### 17. LAMINACIÓN, INSTALACIONES SIDERÚRGICAS

Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	E <sub>m</sub> lux	UGR <sub>L</sub>	U <sub>o</sub>	R <sub>a</sub>	OBSERVACIONES
INSTALACIONES DE PRODUCCIÓN						
17.1	SIN INTERVENCIÓN MANUAL	50	-	0,4	20	
	CON INTERVENCIÓN MANUAL OCASIONAL	150	28	0,4	40	
	CON INTERVENCIÓN MANUAL CONTINUA	200	25	0,6	80	
17.2	ALMACÉN DE PLACAS DE METAL	50	-	0,4	20	· Se deben reconocer los colores de seguridad.
17.3	HORNOS	200	25	0,6	20	
17.4	TREN DE LAMINACIÓN, BOBINADORA, LÍNEA DE CORTE	300	25	0,6	40	
17.5	PLATAFORMAS Y PANELES DE CONTROL	300	22	0,6	80	
17.6	ENSAYOS, MEDICIÓN E INSPECCIÓN	500	22	0,6	80	
17.7	FOSOS, CINTAS, CUEVAS, ETC.	50	-	0,4	20	· Se deben reconocer los colores de seguridad.

# Norma europea sobre la iluminación para interiores-UNE 12464.1

## TABLA DE ACTIVIDADES INDUSTRIALES Y ARTESANALES (CONTINUACIÓN)

18. INDUSTRIA TEXTIL						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
18.1	PUESTOS DE TRABAJO Y ZONAS EN BAÑOS, APERTURA DE BALAS O FARDOS	200	25	0,6	60	
18.2	CARDADO, LAVADO, PLANCHADO, MÁQUINA DE DESHILACHAR, DIBUJADO, ETC.	300	22	0,6	80	
18.3	HILADO, PLEGADO, ENROLLADO, BOBINADO	500	22	0,6	80	· Impedir efecto estroboscópico.
18.4	URDIMBRE, TEJIDO, TRENZADO, TRICOTADO	500	22	0,6	80	· Impedir efecto estroboscópico.
18.5	COSIDO, TEJIDO DE PUNTO, COSTURAS	750	22	0,7	80	
18.6	DISEÑO MANUAL, PATRONES	750	22	0,7	90	
18.7	ACABADO, TEÑIDO	500	22	0,6	80	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
18.8	SALA DE SECADO	100	28	0,4	60	
18.9	IMPRESIÓN AUTOMÁTICA DE TEJIDOS	500	25	0,6	80	
18.10	DESMOTADO, INSERCIÓN DE LA TRAMA, RECORTES	1.000	19	0,7	80	
18.11	INSPECCIÓN DE COLORES, CONTROL DE TEJIDOS	1.000	16	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
18.12	ZURCIDO INVISIBLE	1.500	19	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
18.13	FABRICACIÓN DE SOMBREROS	500	22	0,6	80	

19. FABRICACIÓN DE VEHÍCULOS Y REPARACIÓN						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
19.1	CARROCERÍA Y MONTAJE	500	22	0,6	80	
19.2	PINTURA, CÁMARA, PULVERIZACIÓN, CÁMARA DE PULIDO	750	22	0,7	80	
19.3	PINTURA: RETOQUE E INSPECCIÓN	1000	19	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K.
19.4	FABRICACIÓN DE TAPICERÍA	1000	19	0,7	80	
19.5	INSPECCIÓN FINAL	1000	19	0,7	80	
19.6	SERVICIOS GENERALES DE VEHÍCULOS, REPARACIÓN Y ENSAYOS	300	22	0,6	80	· Considerar iluminación local

20. INDUSTRIA MADERERA Y SU TRATAMIENTO						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
20.1	TRATAMIENTO AUTOMÁTICO	50	28	0,4	40	
20.2	TRATAMIENTOS CON VAPOR	150	28	0,4	40	
20.3	BASTIDOR DE ASERRADO	300	25	0,6	60	· Prevenir efecto estroboscópico.
20.4	TRABAJO EN UNIONES, ENCOLADO, MONTAJE	300	25	0,6	80	
20.5	PULIDO, PINTURA, ENSAMBLES FINOS	750	22	0,7	80	
20.6	TRABAJO EN MÁQUINAS: TORNEADO, ESTRIADO, ENDEREZADO	500	19	0,6	80	· Prevenir efecto estroboscópico.
20.7	SELECCIÓN DE MADERAS DE PLACAS, MARQUETERÍA, INCRUSTACIÓN EN MADERA	750	22	0,7	90	· 4000 K $\leq$ TCP $\leq$ 6500K
20.8	CONTROL DE CALIDAD, INSPECCIÓN	1.000	19	0,7	90	

## UNE 12464.1-Norma europea sobre la iluminación para interiores

### ZONA DE TRÁFICO Y ÁREAS COMUNES DE EDIFICIOS

El presente apartado tiene mucho en común con el de "Oficinas", ya que la mayoría de las zonas de tráfico y áreas comunes dentro de edificios se encuentran en entornos de trabajo.

Estudios científicos nos demuestran que la luz no sólo mejora el ambiente de estas zonas, sino que también influye en la realización de las tareas, puesto que determina el estado de ánimo de los empleados ayudándoles a concentrarse y a mejorar la productividad.

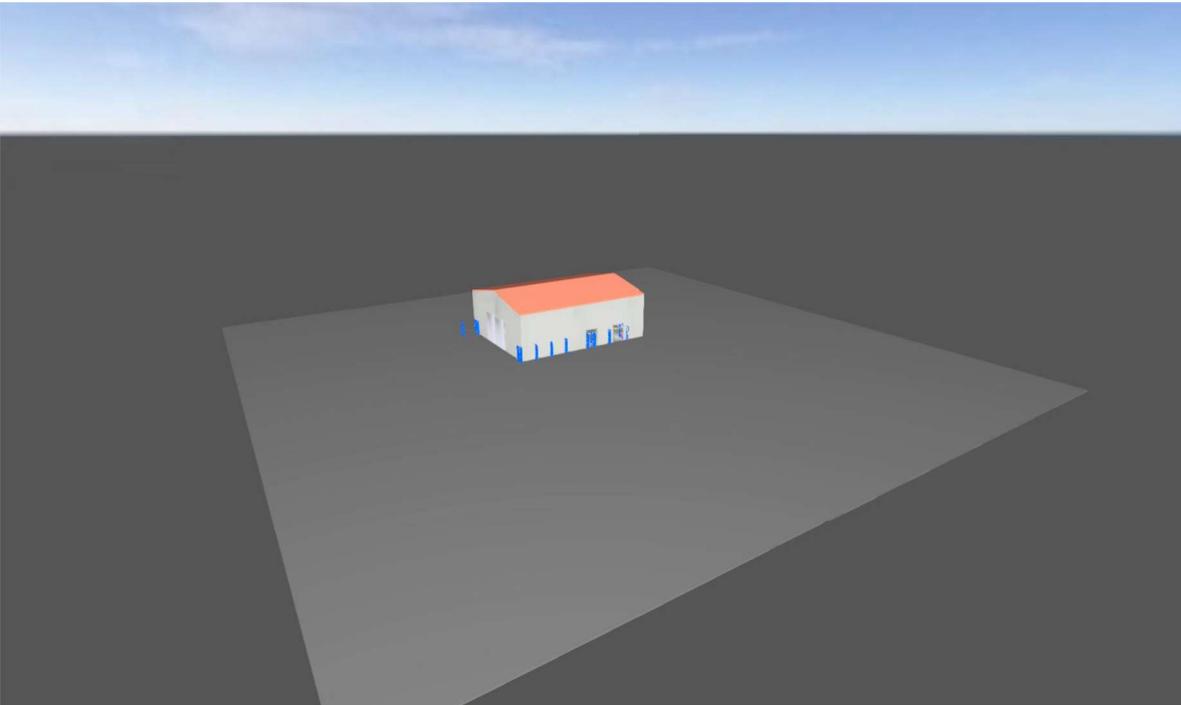
La nueva normativa de la UE "Iluminación de interiores" (UNE 12464-1) ha entrado en vigor para mejorar la iluminación

teniendo en cuenta las necesidades de los empleados. Según esta normativa, aquellas lámparas con un índice de reproducción del color menor a 80 no deben utilizarse en interiores dónde las personas trabajan durante largos períodos.

Además de la reproducción del color, la normativa UNE 12464-1 también regula normas para el deslumbramiento y los parpadeos. Con el uso de un equipo electrónico, los molestos parpadeos de las lámparas fluorescentes se reducen significativamente, y se consigue disminuir el cansancio visual.

### TABLA DE ZONA DE TRÁFICO Y ÁREAS COMUNES DE EDIFICIOS

1. ZONAS DE TRÁFICO						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
1.1	ÁREAS DE CIRCULACIÓN Y PASILLOS	100	28	0,4	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Iluminancia al nivel del suelo.</li> <li>· 150 LUX si hay vehículos en el recorrido.</li> <li>· <math>R_a</math> y UGR similares a áreas adyacentes.</li> <li>· El alumbrado de salidas y entradas debe proporcionar una zona de transición para evitar cambios repentinos en iluminancia entre interior y exterior de día o de noche.</li> <li>· Debería tenerse cuidado para evitar el deslumbramiento de conductor y peatones.</li> </ul>
1.2	ESCALERAS, ESCALERAS MECÁNICAS, CINTAS TRANSPORTADORAS	100	25	0,4	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>· Requiere contraste mejorado sobre los escalones.</li> </ul>
1.3	ASCENSORES, MONTACARGAS	100	25	0,4	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>· El nivel de iluminación enfrente del montacargas debería ser al menos <math>E_m = 200</math> lx</li> </ul>
1.4	RAMPAS / TRAMOS DE CARGA	150	25	0,4	40	
2. SALAS DE DESCANSO, SANITARIAS Y DE PRIMEROS AUXILIOS						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
2.1	CANTINAS, DESPENSAS	200	22	0,4	80	
2.2	SALAS DE DESCANSO	100	22	0,4	80	
2.3	SALAS DE EJERCICIO FÍSICO	300	22	0,4	80	
2.4	VESTUARIOS, SALAS DE LAVADO, SERVICIOS	200	25	0,4	80	En cada baño individual si está completamente cerrado
2.5	ENFERMERÍA	500	19	0,6	80	
2.6	SALAS PARA ATENCIÓN MÉDICA	500	16	0,6	90	· $4000 K \leq TCP \leq 5000K$ .
3. SALAS DE CONTROL						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
3.1	SALAS DE MATERIAL, SALAS DE MÁQUINAS	200	25	0,4	60	
3.2	SALA DE FAX, CORREOS, CUADRO DE CONTADORES	500	19	0,6	80	
4. SALAS DE ALMACENAMIENTO, ALMACENES FRÍOS						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
4.1	ALMACENES Y CUARTO DE ALMACÉN	100	25	0,4	60	· 200 LUX si está ocupado en continua
4.2	MANIPULACIÓN DE PAQUETES Y EXPEDICIÓN	300	25	0,6	60	
5. ÁREAS DE ALMACENAMIENTO CON ESTANTERÍAS						
Nº REF.	TIPO DE INTERIOR, TAREA ACTIVIDAD	$E_m$ lux	UGR <sub>L</sub>	$U_o$	$R_a$	OBSERVACIONES
5.1	PASILLOS SIN GUARNECER	20	-	0,4	40	· Iluminación a nivel del suelo.
5.2	PASILLOS GUARNECIDOS Y ESTACIONES DE CONTROL	150	22	0,4	60	· Iluminación a nivel del suelo.
5.3	ESTACIONES DE CONTROL	150	22	0,6	80	
5.4	CARA DE LA ESTANTERÍA DE ALMACENAMIENTO	200	-	0,4	60	· Iluminación vertical, puede utilizarse iluminación móvil.



## Description

## Luminaire list

$\Phi_{total}$ 125988 lm	$P_{total}$ 804.0 W	Luminous efficacy 156.7 lm/W
-----------------------------	------------------------	---------------------------------

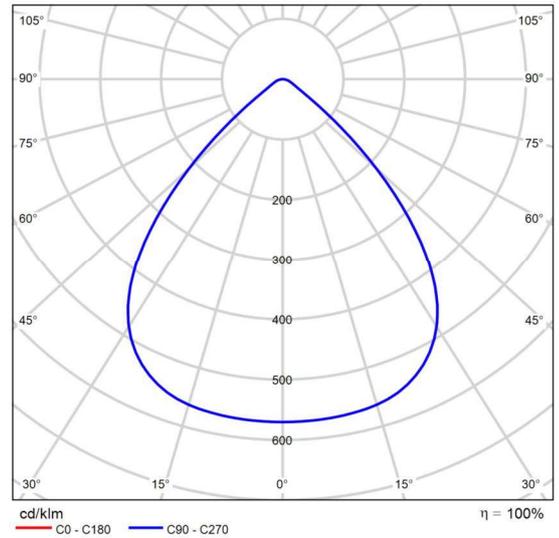
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	$\Phi$	Luminous efficacy
12	Philips		BY120P G5 LED105S/840 WB PSU	67.0 W	10499 lm	156.7 lm/W

## Product data sheet

Philips - BY120P G5 LED105S/840 WB PSU



P	67.0 W
$\Phi_{Lamp}$	10500 lm
$\Phi_{Luminaire}$	10499 lm
$\eta$	99.99 %
Luminous efficacy	156.7 lm/W
CCT	4000 K
CRI	80



Polar LDC

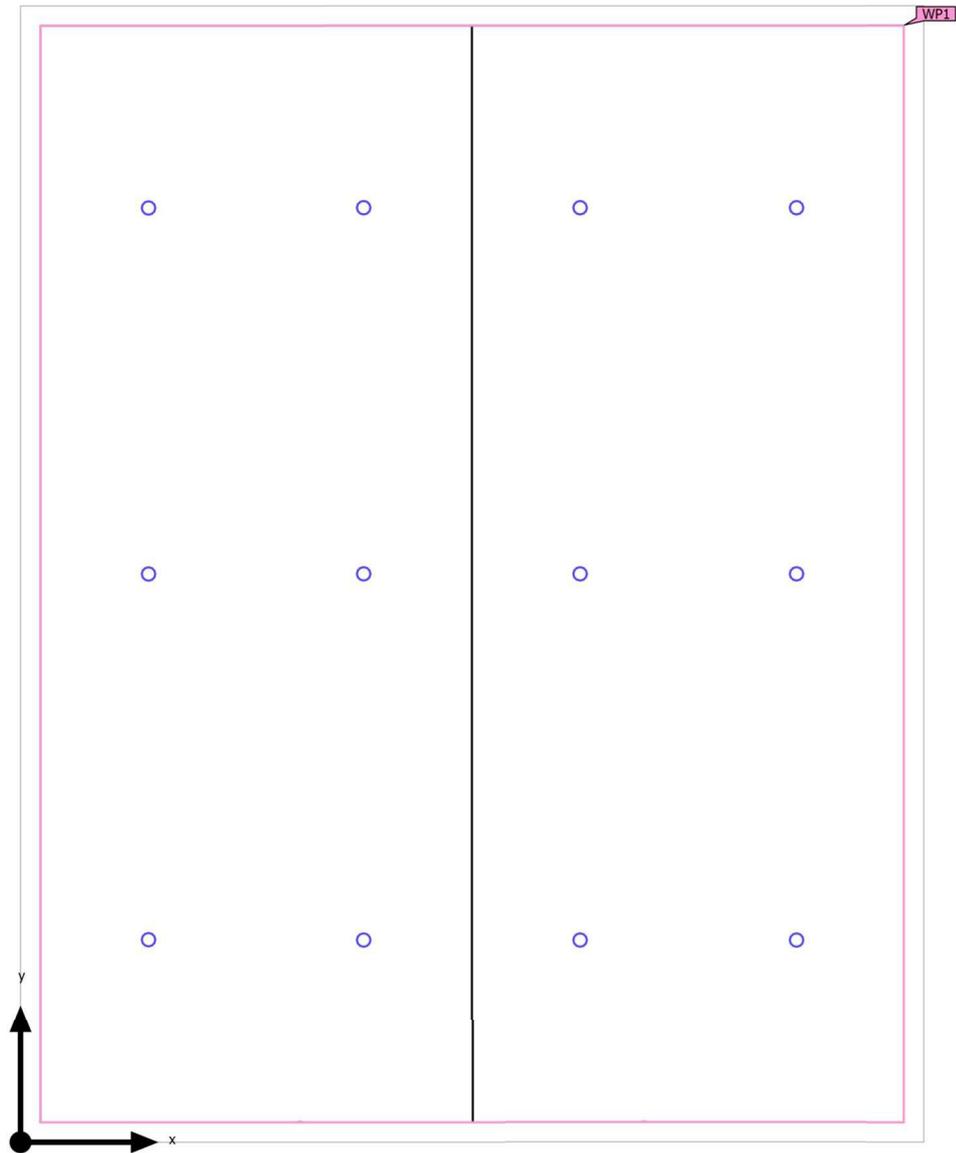
CoreLine highbay gen5: Easy installation. Excellent illumination. CoreLine Highbay Gen5 delivers on the CoreLine promise of innovative, easy-to-use and high-quality luminaires. A reliable, highly-efficient luminaire with a very long-lifetime, it delivers great energy savings and requires less maintenance. At the same time, CoreLine Highbay is very easy to handle. The luminaire can be installed on your existing grid and the electrical connection is a straightforward task, with no need to open the luminaire and an external IP65 connector. With a choice of two beam angles: narrow and wide beam, you can adjust your lighting plan to suit your exact needs. This range also includes Interact Ready luminaires with integrated wireless communications and integrated movement and daylight sensors. So CoreLine Highbay Gen5 is ready to be used with any Interact connected lighting system.

Glare evaluation according to UGR												
p Ceiling		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
p Walls		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
p Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Room size X Y		Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis					
2H	2H	23.7	24.7	23.9	24.9	25.1	23.7	24.7	23.9	24.9	25.1	
	3H	23.6	24.5	23.9	24.8	25.0	23.6	24.5	23.9	24.8	25.0	
	4H	23.6	24.5	24.0	24.7	25.0	23.6	24.5	24.0	24.7	25.0	
	6H	23.6	24.4	24.0	24.7	25.0	23.6	24.4	24.0	24.7	25.0	
	8H	23.6	24.4	24.0	24.7	25.0	23.6	24.4	24.0	24.7	25.0	
4H	2H	23.5	24.4	23.9	24.6	24.9	23.5	24.4	23.9	24.6	24.9	
	3H	23.6	24.3	23.9	24.6	24.9	23.6	24.3	23.9	24.6	24.9	
	4H	23.6	24.2	24.0	24.6	24.9	23.6	24.2	24.0	24.6	24.9	
	6H	23.6	24.2	24.0	24.6	24.9	23.6	24.2	24.0	24.6	24.9	
	8H	23.6	24.1	24.1	24.5	24.9	23.6	24.1	24.1	24.5	24.9	
8H	2H	23.6	24.1	24.1	24.5	24.9	23.6	24.1	24.1	24.5	24.9	
	4H	23.6	24.1	24.0	24.4	24.9	23.6	24.1	24.0	24.4	24.9	
	6H	23.6	24.0	24.1	24.5	24.9	23.6	24.0	24.1	24.5	24.9	
	8H	23.6	24.0	24.1	24.4	24.9	23.6	24.0	24.1	24.4	24.9	
	12H	23.6	23.9	24.1	24.4	24.9	23.6	23.9	24.1	24.4	24.9	
12H	4H	23.5	24.0	24.0	24.4	24.8	23.5	24.0	24.0	24.4	24.8	
	6H	23.6	24.0	24.1	24.4	24.9	23.6	24.0	24.1	24.4	24.9	
	8H	23.6	23.9	24.1	24.4	24.9	23.6	23.9	24.1	24.4	24.9	
Variation of the observer position for the luminaire distances S												
S = 1.0H		+1.5 / -3.8					+1.5 / -3.8					
S = 1.5H		+3.4 / -5.3					+3.4 / -5.3					
S = 2.0H		+5.3 / -5.9					+5.3 / -5.9					
Standard table		BK01					BK01					
Correction summand		5.8					5.8					
Corrected glare indices referring to 10500lm Total luminous flux												

UGR diagram (SHR: 0.25)

Nave 1 · Local 1 (Light scene 1)

**Calculation objects**



Nave 1 · Local 1 (Light scene 1)

### Calculation objects

Working planes

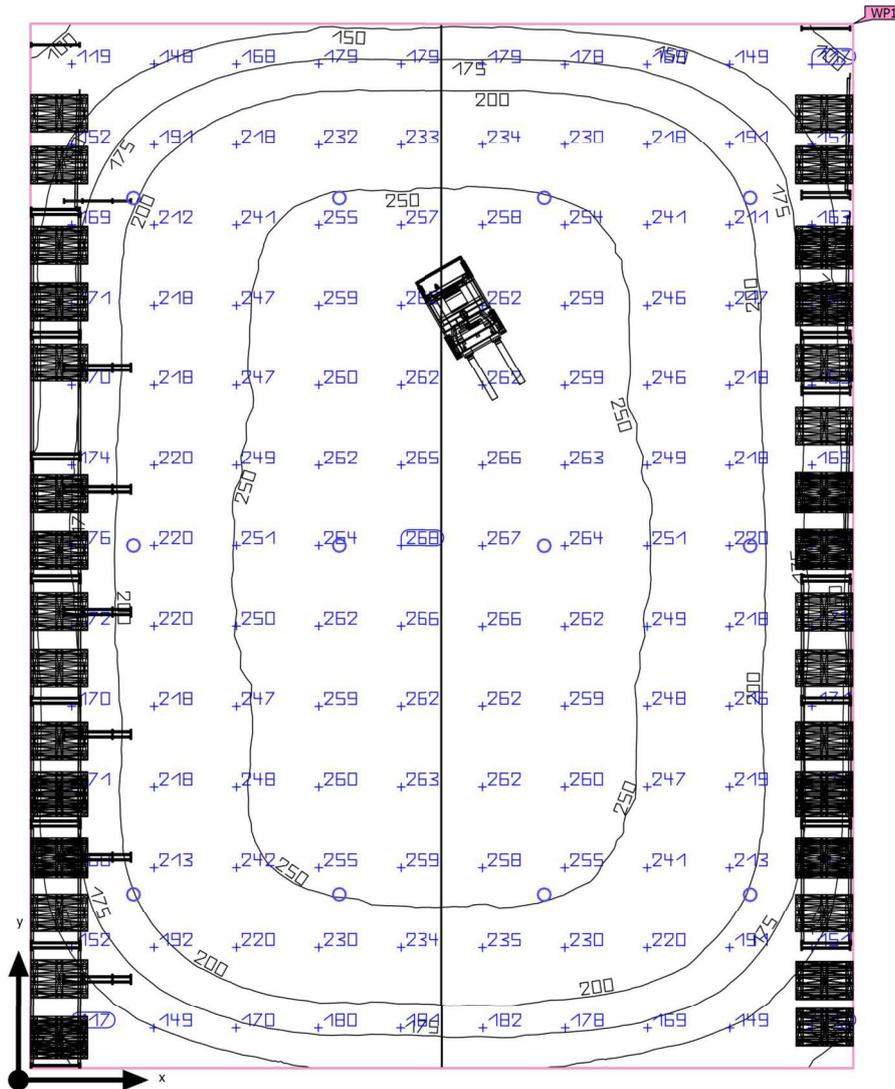
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$ (Target)	$g_2$	Index
Working plane (Room 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	215 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	86.3 lx	269 lx	0.40 ( $\geq 0.40$ ) ✓	0.32	WP1

Notes on planning:

The results were calculated without consideration of objects and furniture. No results were determined on their surfaces.

Nave 1 · Local 1 · Room 1 (Light scene 1)

### Summary



Ground area	385.17 m <sup>2</sup>	Clearance height	7.280 m – 9.020 m
Reflection factors	Ceiling: 24.1 %, Walls: 30.0 %, Floor: 21.5 %	Mounting height	7.444 m
Maintenance factor	0.80 (fixed)	Height <sub>Working plane</sub>	0.800 m
		Wall zone <sub>Working plane</sub>	0.000 m

Nave 1 · Local 1 · Room 1 (Light scene 1)

## Summary

### Results

	Symbol	Calculated	Target	Check	Index
Working plane	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	215 lx	$\geq 150$ lx	✓	WP1
	$g_1$	0.40	$\geq 0.40$	✓	WP1
Glare valuation <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	24	$\leq 22$	✗	
Energy estimation <sup>(2)</sup>	Consumption	697 kWh/a	max. 13500 kWh/a	✓	
Room	Lighting power density	2.09 W/m <sup>2</sup>	-		
		0.97 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

(1) Based on a rectangular space of 22.200 m x 17.350 m and SHR of 0.25.

(2) Calculated using DIN:18599-4.

Utilisation profile: General areas inside buildings - Storage rack areas (5.5.2 Gangways: manned)

Notes on planning:

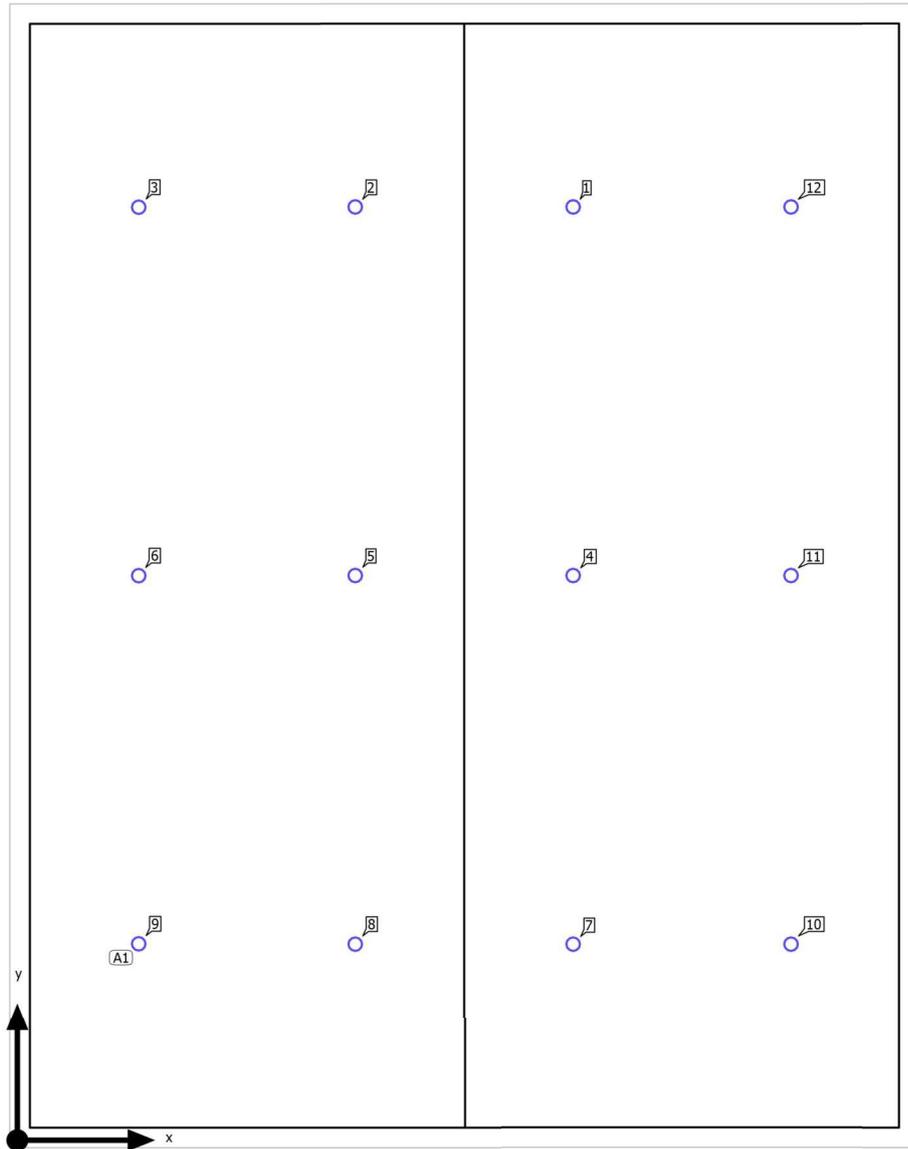
The results were calculated without consideration of objects and furniture. No results were determined on their surfaces.

### Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	$R_{UG}$	P	$\Phi$	Luminous efficacy
12	Philips		BY120P G5 LED105S/840 WB PSU	24	67.0 W	10499 lm	156.7 lm/W

Nave 1 · Local 1 · Room 1

### Luminaire layout plan



Nave 1 · Local 1 · Room 1

**Luminaire layout plan**



Manufacturer	Philips	P	67.0 W
Article name	BY120P G5 LED105S/840 WB PSU	Φ <sub>Luminaire</sub>	10499 lm
Fitting	1x LED105S/840		

12 x Philips BY120P G5 LED105S/840 WB PSU

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	11.094 m / 18.750 m / 7.444 m	11.094 m	18.750 m	7.444 m	1
X-direction	4 pcs., Centre - centre, 4.338 m	6.756 m	18.750 m	7.444 m	2
		2.419 m	18.750 m	7.444 m	3
Y-direction	3 pcs., Centre - centre, 7.400 m	11.094 m	11.350 m	7.444 m	4
		6.756 m	11.350 m	7.444 m	5
Arrangement	A1	2.419 m	11.350 m	7.444 m	6
		11.094 m	3.950 m	7.444 m	7
		6.756 m	3.950 m	7.444 m	8
		2.419 m	3.950 m	7.444 m	9
		15.431 m	3.950 m	7.444 m	10
		15.431 m	11.350 m	7.444 m	11
		15.431 m	18.750 m	7.444 m	12



# CoreLine Highbay Gen5

## BY120P G5 LED105S/840 PSU WB

- Fuente de alimentación (ON/OFF) - Haz ancho - 85° x 85°

CoreLine campana Gen5 cumple el compromiso de CoreLine de luminarias innovadoras, fáciles de usar y de gran calidad. Una luminaria fiable y de gran eficiencia, con una vida útil muy prolongada, ofrece un ahorro energético excelente y requiere menos mantenimiento. Al mismo tiempo, CoreLine campana Gen5 es muy fácil de manejar. La luminaria se puede instalar en la red existente y la conexión eléctrica es sencilla, sin necesidad de abrir la luminaria gracias a su conector IP65 externo. CoreLine campana Gen5 tiene dos haces disponibles: estrecho y ancho, por lo que el proyecto de iluminación se puede ajustar a las necesidades exactas. Esta gama también incluye luminarias Interact Ready, con comunicación inalámbrica integrada y sensores de movimiento y luz natural incorporados en la propia luminaria. De este modo, la gama CoreLine campana Gen5 está lista para su utilización con cualquier sistema de iluminación conectada Interact.

### Datos del producto

Información general		Eficacia lumínica (nominal) (Nom)	
Fuente de luz sustituible	No	Eficacia lumínica (nominal) (Nom)	157 lm/W
Número de unidades de equipo	1 unidad	Índice de reproducción cromática (IRC)	>80
Driver incluido	Sí	Valor de parpadeo (PstLM)	0,5
Lighting Technology	LED	Valor de efecto estroboscópico (SVM)	1
Datos técnicos de la luz		Color de la fuente de luz	840 blanco neutro
Flujo luminoso	10.500 lm	Tipo de óptica	Haz ancho
Rojo saturado (R9)	<50	Apertura del haz de luz de la luminaria	85° x 85°
Temperatura de color correlacionada (Nom)	4000 K	Índice de deslumbramiento unificado CEN	25

# CoreLine Highbay Gen5

Operativos y eléctricos	
Tensión de entrada	220 a 240 V
Line Frequency	50 or 60 Hz
Frecuencia de entrada	50 o 60 Hz
Corriente de arranque	40 A
Tiempo de irrupción	600 ms
Consumo de energía	67 W
Factor de potencia (fracción)	0.95
Conexión	Unidad de conexión de 3 polos
Cable	Cable de 0,3 m con conector, 3 polos
Número de productos en MCB de 16 A tipo B	6

Temperatura	
Rango de temperatura ambiente	-30 °C a +50 °C

Controles y regulación	
Regulable	No
Driver/unidad de alimentación/transformador	Fuente de alimentación (ON/OFF)
Interfaz de control	-
Flujo luminoso constante	No

Mecánicos y de carcasa	
Material de la carcasa	Aluminio fundido
Material del reflector	-
Material óptico	Policarbonato
Material del cierre óptico/lente	Policarbonato
Fixation material	-
Color de la carcasa	Gris
Acabado de cierre óptico/lente	Transparente
Longitud global	290 mm
Altura global	90 mm
Diámetro global	290 mm

Aprobación y aplicación	
Código de protección de entrada	IP65 [Protección frente a la entrada de polvo, protección frente a chorros de agua a presión]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK08 [5 J resistente al vandalismo]
Sustainability rating	-
Clase de protección IEC	Seguridad clase I
Test del hilo incandescente	Temperatura 650 °C, duración 30 s
Marca de inflamabilidad	Para su montaje en superficies normalmente inflamables

Marca CE	Sí
Certificado ENEC	Certificado ENEC
Período de garantía	5 años
Riesgo fotobiológico	Photobiological risk group 1 @200mm to EN62778
Especificación de riesgo fotobiológico	18,2 m
Conformidad con RoHS UE	Sí

Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Tolerancia de flujo luminoso	+/-10%
Cromaticidad inicial	(0.385, 0.380) SDCM<5
Tolerancia de consumo de energía	+/-10%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)	
Índice de fallos del equipo de control con una vida útil mediana de 50.000 h	5 %
Índice de fallos del equipo de control con una vida útil mediana de 100.000 h	10 %
Mantenimiento lumínico con una vida útil media* 50.000 h	L85
Mantenimiento lumínico con una vida útil media* 100.000 h	L75

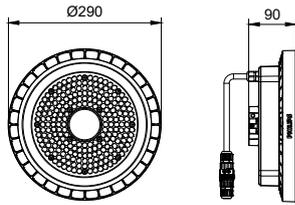
Condiciones de aplicación	
Temperatura ambiente de rendimiento Tq	35 °C
Nivel máximo de atenuación	No aplicable
Adecuado para conmutación aleatoria	Sí

Datos de producto	
Full EOC	871951495567700
Nombre de producto del pedido	BY120P G5 LED105S/840 PSU WB
EAN/UPC - Producto	8719514955677
Código de pedido	95567700
Cantidad por paquete	1
Numerador SAP - Paquetes por caja exterior	1
Número de material (12NC)	911401629308
Nombre completo del producto	BY120P G5 LED105S/840 PSU WB
Embalaje con código EAN/UPC	8719514955677



# CoreLine Highbay Gen5

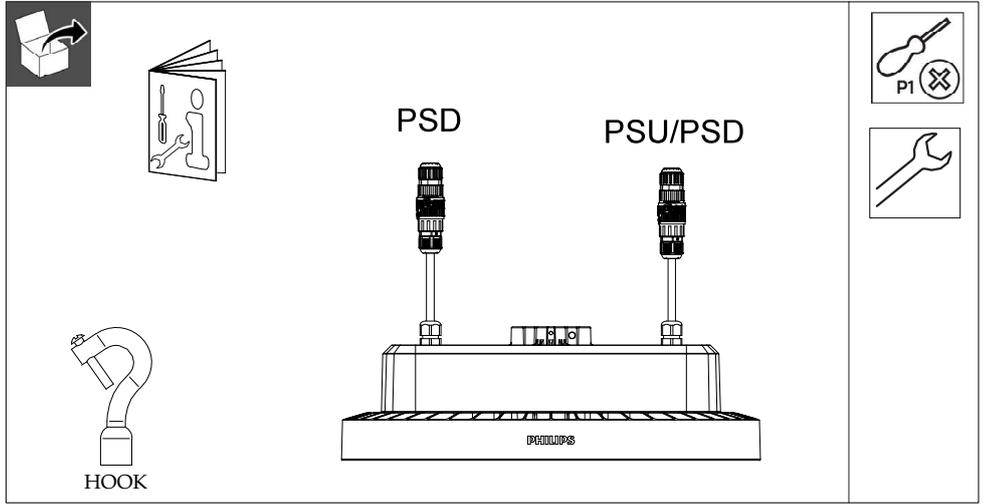
## Plano de dimensiones



# PHILIPS

## CoreLine Highbay Gen 5

BY120P/BY121P/BY122P



Description	System lumen(lm)	CCT(K)	Optics	Pmax (W)	Dimension in mm		kg	light source energy efficiencyclass
					D	H		
BY120P G5 LED105S PSU	10500	4000/6500	WB/NB	67	290	90	1.9	C
BY120P G5 LED150S PSU	15000			95	290	90	1.9	C
BY121P G5 LED200S PSU	20000			126	330	99	2.4	C
BY122P G5 LED250S PSU	25000			157	393	99	4	C
BY122P G5 LED300S PSU	30000			192	393	99	4	C
BY121P G5 LED105S PSD	10500			72	330	99	3.2	C
BY121P G5 LED150S PSD	15000			102	330	99	3.2	C
BY121P G5 LED200S PSD	20000			134	330	99	3.2	C
BY122P G5 LED250S PSD	25000			168	393	126	5.5	C
BY122P G5 LED300S PSD	30000			205	393	126	5.5	C

### Dimensions in mm

### Accessory

**Bracket**  
911401633208  
BY121Z G5 BR L200

**Suspension**  
911401565101  
Mounting Hook

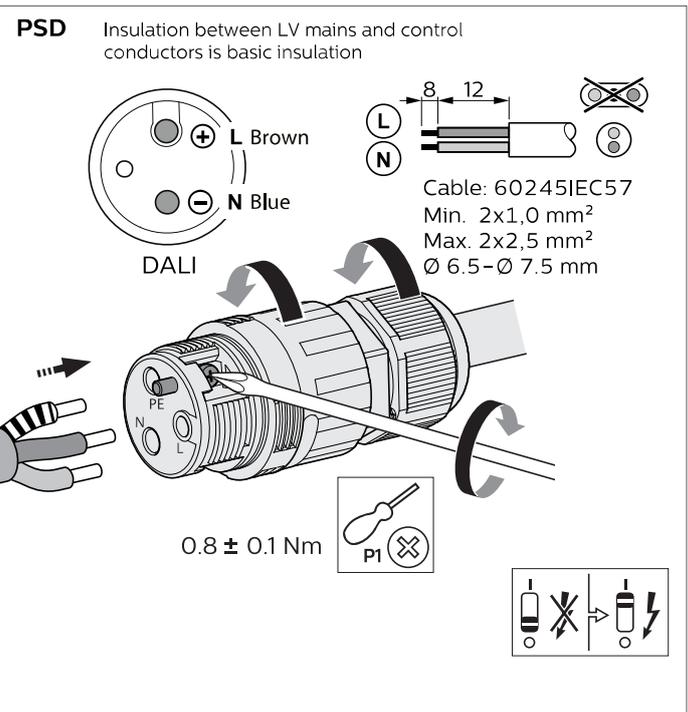
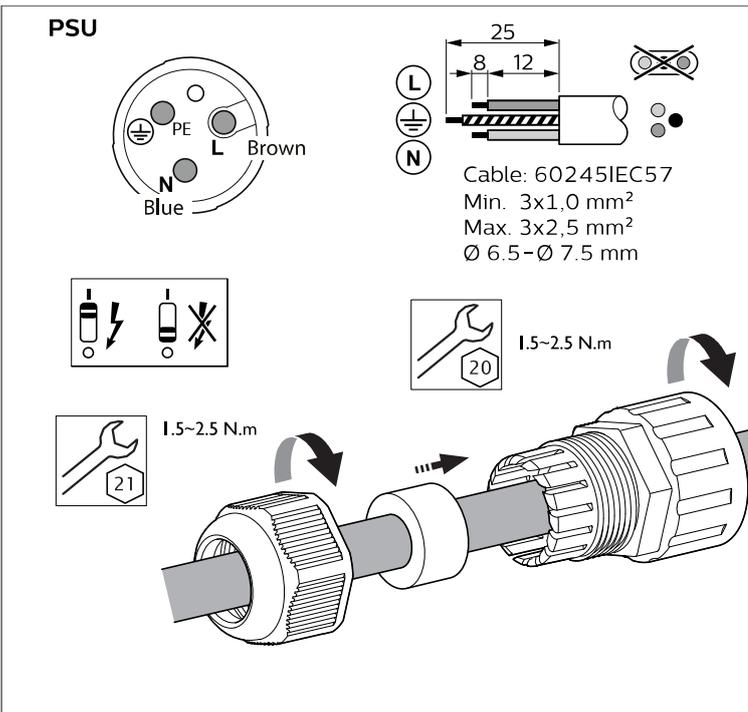
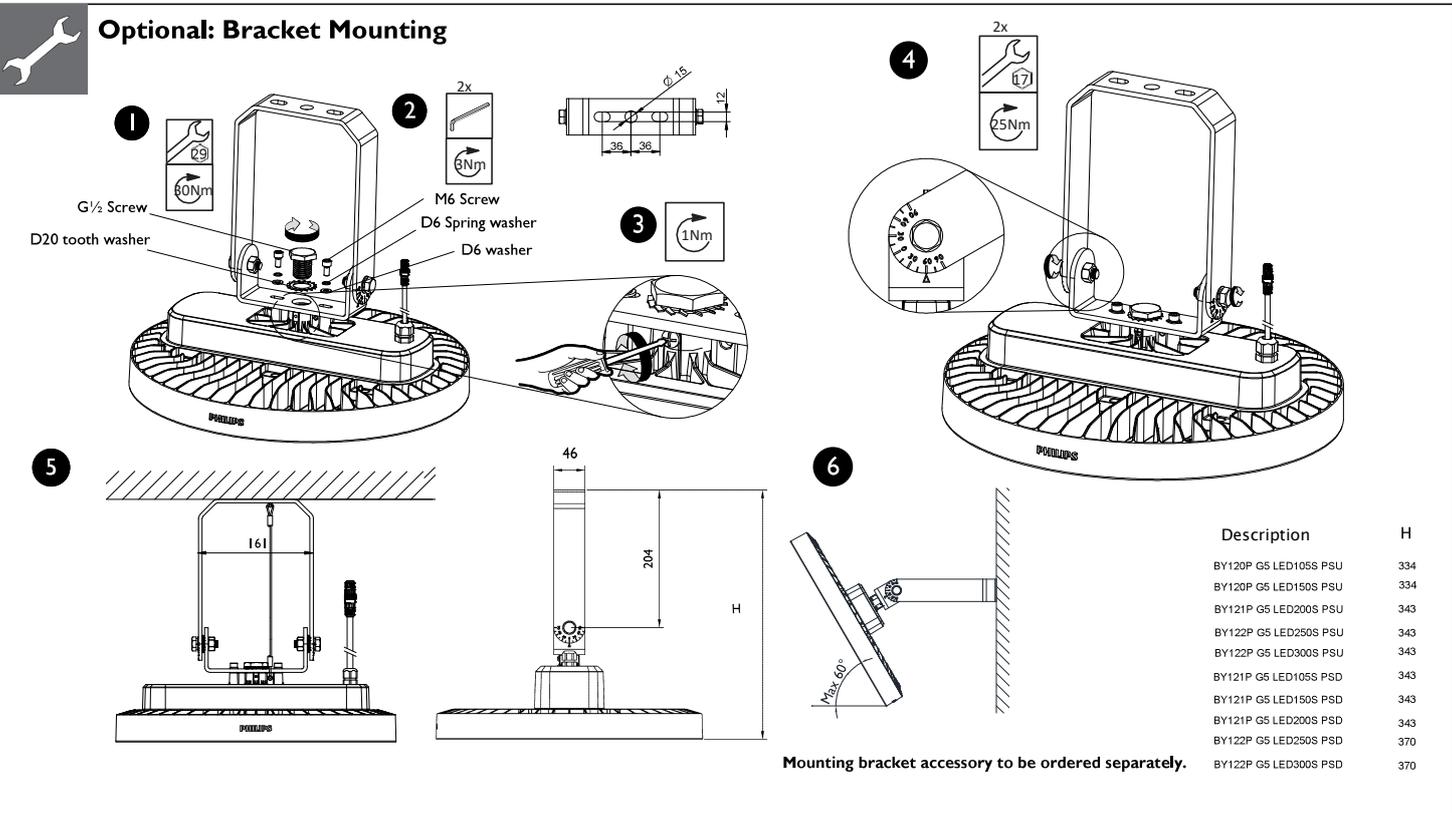
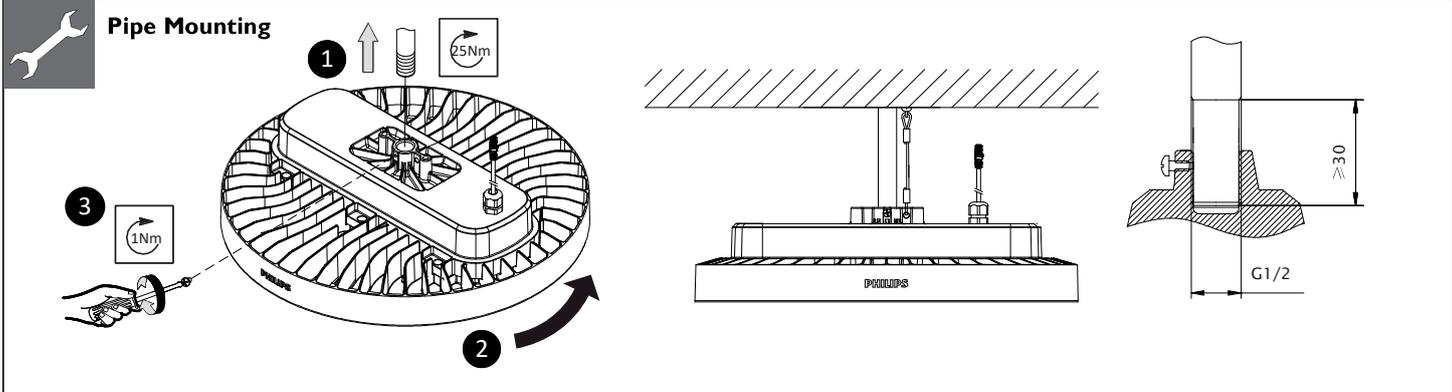
### Safety cable

- Safety cable can be mounted for this luminaire.
- Safety cable is not provided by Signify, shall be arranged by a professional performing installation.
- The hole ( $\phi 5$ ) is for a safety cable.
- Material spec of safety cable should be robust and not less than SUS304  $\phi 3$ .
- Safety cable length: min = d, max d + 30cm, where d – luminaire installation distance from a ceiling/ mounting surface

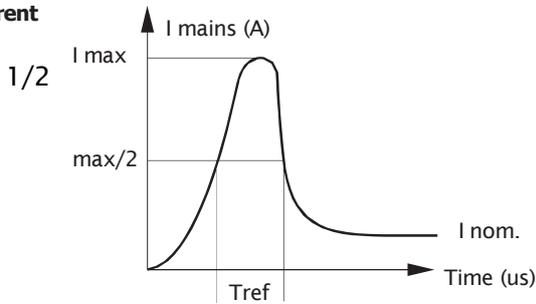
### Hook Mounting

### Included

Description	H
BY120P G5 LED105S PSU	162.5
BY120P G5 LED150S PSU	162.5
BY121P G5 LED200S PSU	171.5
BY122P G5 LED250S PSU	171.5
BY122P G5 LED300S PSU	171.5
BY121P G5 LED105S PSD	171.5
BY121P G5 LED150S PSD	171.5
BY121P G5 LED200S PSD	171.5
BY122P G5 LED250S PSD	198.5
BY122P G5 LED300S PSD	198.5



**Inrush current**

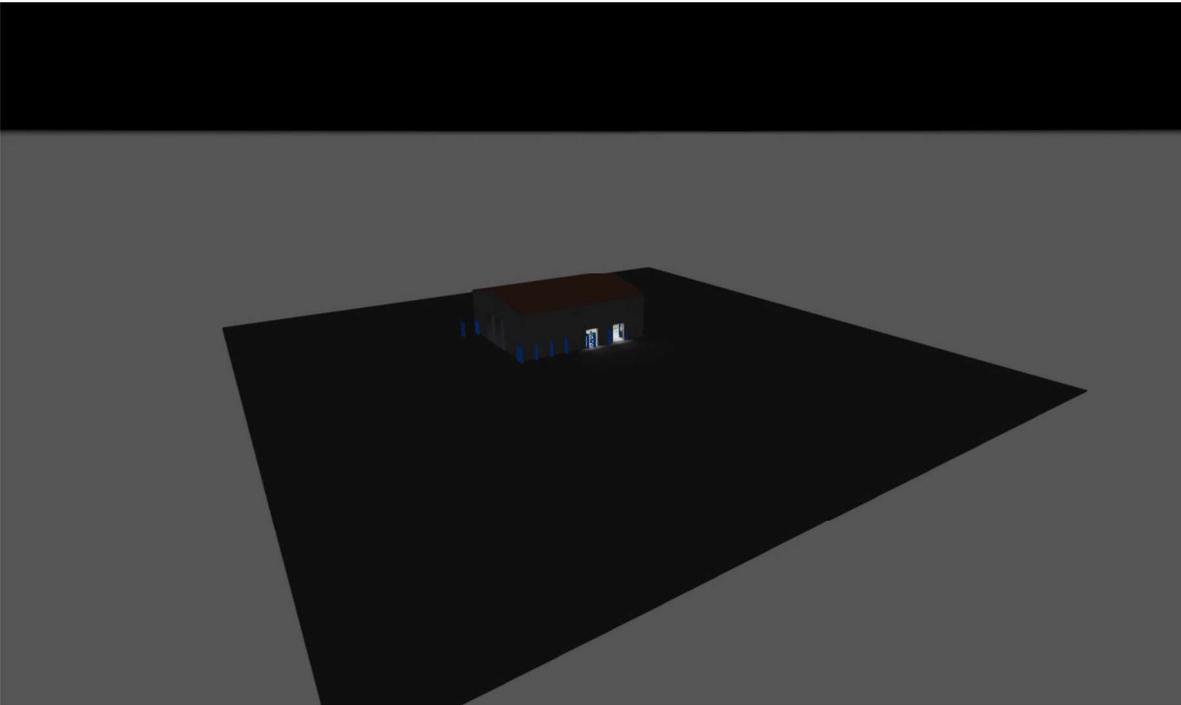


	BY120P LED105S PSU	BY120P LED150S PSU	BY121P LED200S PSU	BY122P LED250 PSU	BY122P LED300S PSU	BY121P LED105S PSD	BY121P LED150S PSD	BY121P LED200S PSD	BY122P LED250 PSD	BY122P LED300S PSD
<b>Electrical characteristics</b>										
$I_{nom}(A)$	0.32	0.45	0.60	0.75	0.92	0.34	0.49	0.64	0.80	0.81
$I_{max}(A)$	40	40	40	54	54	53	53	53	60	60
$T_{ref}(\mu s)$	600	600	600	750	750	300	300	300	600	600
<b>MCB Maximum number of luminaires</b>										
B-16A	6	6	6	6	6	8	8	8	6	6
C-16A	8	8	8	8	8	13	13	13	8	8

- The luminaire shall be installed by a qualified electrician and wired in accordance with the latest IEE electrical regulations or the national requirements.
- Turn power off before inspection, installation or removal.
- Before using, external earthing is must required. Earthing is also must required in its whole life.
- The Luminaire must be used within the applicable product specifications, installation instructions and environmental conditions for storage & operations according to application guidelines provided by Signify for product Warranty to be valid.
- The corrosive atmosphere or hazardous materials such as sulfur, chlorine, phthalate, etc must be avoided during the use and storage.
- The manufacturer will not take responsibility caused by improper use or self-modifications of the product.
- If the external flexible cable or cord of this luminaire is damaged. It shall be exclusively replaced by the manufacturer or his service agent or a similar qualified person in order to avoid a hazard.
- For Indoor use only. This product is not suitable for cold storage areas where obvious temperature gradients are present, such as ventilation opening, door, etc.
- Installer needs to arrange Chain / Pipe for mounting. The default product is supplied with a mounting hook
- The height between luminous surface and ground suggested be more than 5m; the height between bottom of luminaire and mounting surface must be more than 0.3m.
- Similar installation or application like flood and tunnel luminaires are NOT allowed.
- Not suitable for use in harsh vibration and often causing vibration or swinging environment. Also, not suitable for area prone to hurricane and extreme winds.
- If customer require the luminous surface levelness $<1^\circ$ , the pipe mounting method is recommended, and suggest to use gradienter to precisely measure and adjust.
- Periodic cleaning of the luminaire optical lens cover will ensure maximum optical efficiency. Luminaire shall be cleaned with a dry soft cloth only.
- The light source contained in this luminaire shall only be replaced by the manufacturer or his service agent or a similar qualified person.
- The control gear contained in this luminaire shall only be replaced by the manufacturer or his service agent or a similar qualified person.
- This product contains a light source of energy efficiency class: C.
- For use in environments where an accumulation of conductive dust on the luminaire may be expected.



This marking indicates that this product should not be disposed with other household wastes throughout the EU. To prevent possible harm to the environment or human health from uncontrolled waste disposal, recycle it responsibly to promote the sustainable reuse of material resources. To return your used device, please use the return and collection systems or contact the retailer where the product was purchased. They can take this product for environmental safe recycling.



## Description

## Luminaire list

$\Phi_{total}$ 119960 lm	$P_{total}$ 900.0 W	Luminous efficacy 133.3 lm/W
-----------------------------	------------------------	---------------------------------

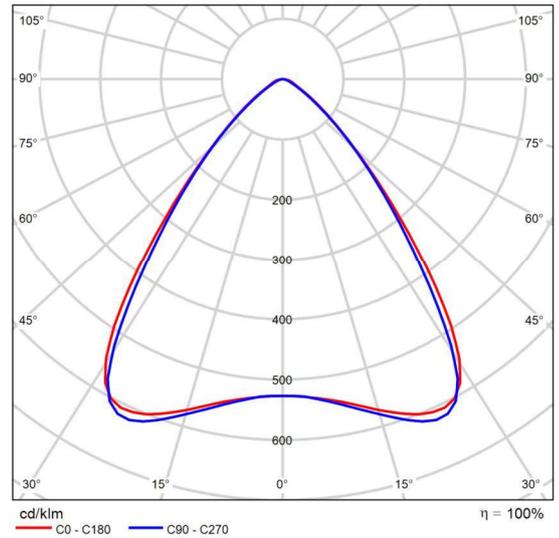
pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	P	$\Phi$	Luminous efficacy
20	Philips		SM136V PSU W20L120 OC 60S/840 NO	45.0 W	5998 lm	133.3 lm/W

## Product data sheet

Philips - SM136V PSU W20L120 OC 60S/840 NO



P	45.0 W
$\Phi_{Lamp}$	6000 lm
$\Phi_{Luminaire}$	5998 lm
$\eta$	99.97 %
Luminous efficacy	133.3 lm/W
CCT	3000 K
CRI	100



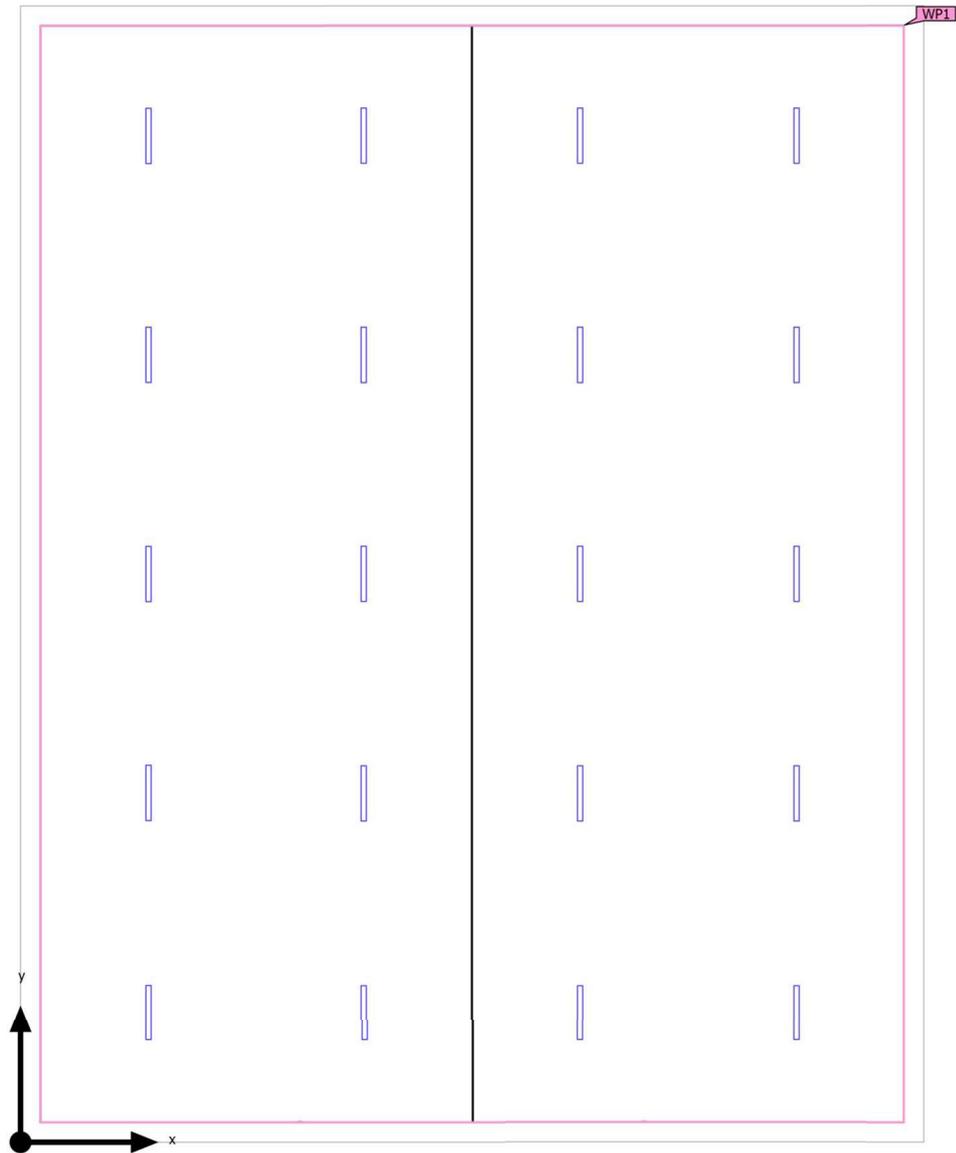
Polar LDC

Glare evaluation according to UGR											
p Ceiling		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
p Walls		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
p Floor		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Room size X Y		Viewing direction at right angles to lamp axis					Viewing direction parallel to lamp axis				
2H	2H	18.2	19.2	18.5	19.4	19.6	17.9	18.9	18.2	19.1	19.3
	3H	18.4	19.2	18.7	19.5	19.7	17.9	18.8	18.2	19.0	19.3
	4H	18.4	19.3	18.8	19.5	19.8	17.9	18.7	18.2	18.9	19.2
	6H	18.5	19.3	18.9	19.6	19.9	17.8	18.6	18.2	18.9	19.2
	8H	18.5	19.3	18.9	19.6	19.9	17.8	18.5	18.1	18.8	19.1
4H	2H	18.2	19.0	18.5	19.3	19.6	17.8	18.7	18.2	18.9	19.2
	3H	18.4	19.1	18.8	19.4	19.7	17.9	18.6	18.3	18.9	19.2
	4H	18.6	19.2	18.9	19.5	19.9	17.9	18.5	18.3	18.9	19.2
	6H	18.7	19.2	19.1	19.6	20.0	17.9	18.4	18.3	18.8	19.2
	8H	18.8	19.3	19.2	19.6	20.1	17.9	18.4	18.3	18.8	19.2
8H	2H	18.8	19.3	19.2	19.7	20.1	17.8	18.3	18.3	18.7	19.1
	4H	18.5	19.0	18.9	19.4	19.8	17.9	18.4	18.3	18.8	19.2
	6H	18.7	19.1	19.2	19.5	20.0	17.9	18.3	18.3	18.7	19.2
	8H	18.8	19.2	19.3	19.6	20.1	17.9	18.2	18.4	18.7	19.2
	12H	18.9	19.2	19.4	19.6	20.1	17.9	18.2	18.4	18.6	19.1
12H	4H	18.5	18.9	18.9	19.3	19.8	17.9	18.3	18.3	18.7	19.1
	6H	18.7	19.0	19.2	19.5	20.0	17.9	18.2	18.3	18.7	19.1
	8H	18.8	19.1	19.3	19.6	20.1	17.9	18.2	18.4	18.6	19.1
Variation of the observer position for the luminaire distances S											
S = 1.0H		+1.8 / -2.2					+2.0 / -3.1				
S = 1.5H		+3.8 / -3.3					+4.2 / -4.9				
S = 2.0H		+5.6 / -4.0					+6.1 / -6.0				
Standard table		BK01					BK01				
Correction summand		0.7					0.0				
Corrected glare indices referring to 6000lm Total luminous flux											

UGR diagram (SHR: 0.25)

Nave 1 · Local 1 (Light scene 1)

**Calculation objects**



Nave 1 · Local 1 (Light scene 1)

### Calculation objects

Working planes

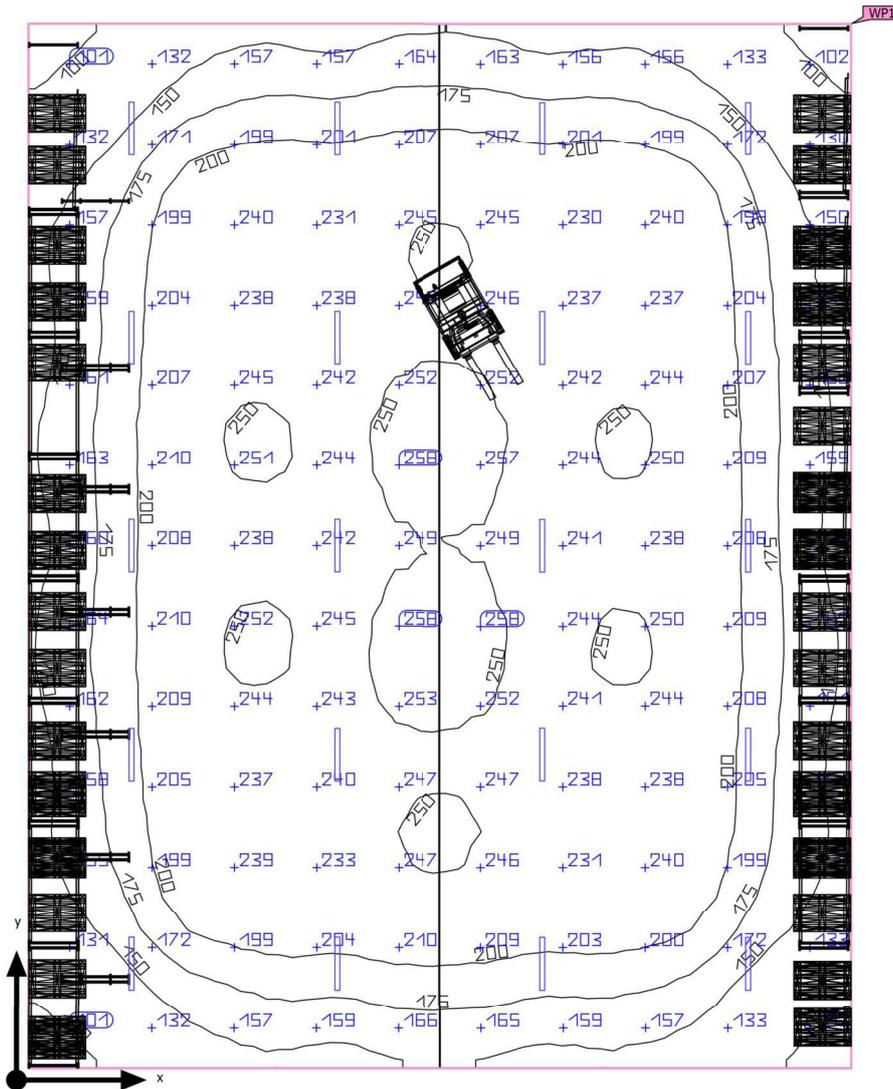
Properties	$\bar{E}$ (Target)	$E_{min}$	$E_{max}$	$g_1$ (Target)	$g_2$	Index
Working plane (Room 1) Perpendicular illuminance (adaptive) Height: 0.800 m, Wall zone: 0.000 m	201 lx ( $\geq 150$ lx) ✓	85.0 lx	264 lx	0.42 ( $\geq 0.40$ ) ✓	0.32	WP1

Notes on planning:

The results were calculated without consideration of objects and furniture. No results were determined on their surfaces.

Nave 1 · Local 1 · Room 1 (Light scene 1)

### Summary



Ground area	385.17 m <sup>2</sup>	Clearance height	7.280 m – 9.020 m
Reflection factors	Ceiling: 24.1 %, Walls: 30.0 %, Floor: 21.5 %	Mounting height	7.444 m
Maintenance factor	0.80 (fixed)	Height <sub>Working plane</sub>	0.800 m
		Wall zone <sub>Working plane</sub>	0.000 m

Nave 1 · Local 1 · Room 1 (Light scene 1)

## Summary

### Results

	Symbol	Calculated	Target	Check	Index
Working plane	$\bar{E}_{\text{perpendicular}}$	201 lx	$\geq 150$ lx	✓	WP1
	$g_1$	0.42	$\geq 0.40$	✓	WP1
Glare valuation <sup>(1)</sup>	$R_{UG, \text{max}}$	20	$\leq 22$	✓	
Energy estimation <sup>(2)</sup>	Consumption	780 kWh/a	max. 13500 kWh/a	✓	
Room	Lighting power density	2.34 W/m <sup>2</sup>	-		
		1.16 W/m <sup>2</sup> /100 lx	-		

(1) Based on a rectangular space of 22.200 m x 17.350 m and SHR of 0.25.

(2) Calculated using DIN:18599-4.

Utilisation profile: General areas inside buildings - Storage rack areas (5.5.2 Gangways: manned)

Notes on planning:

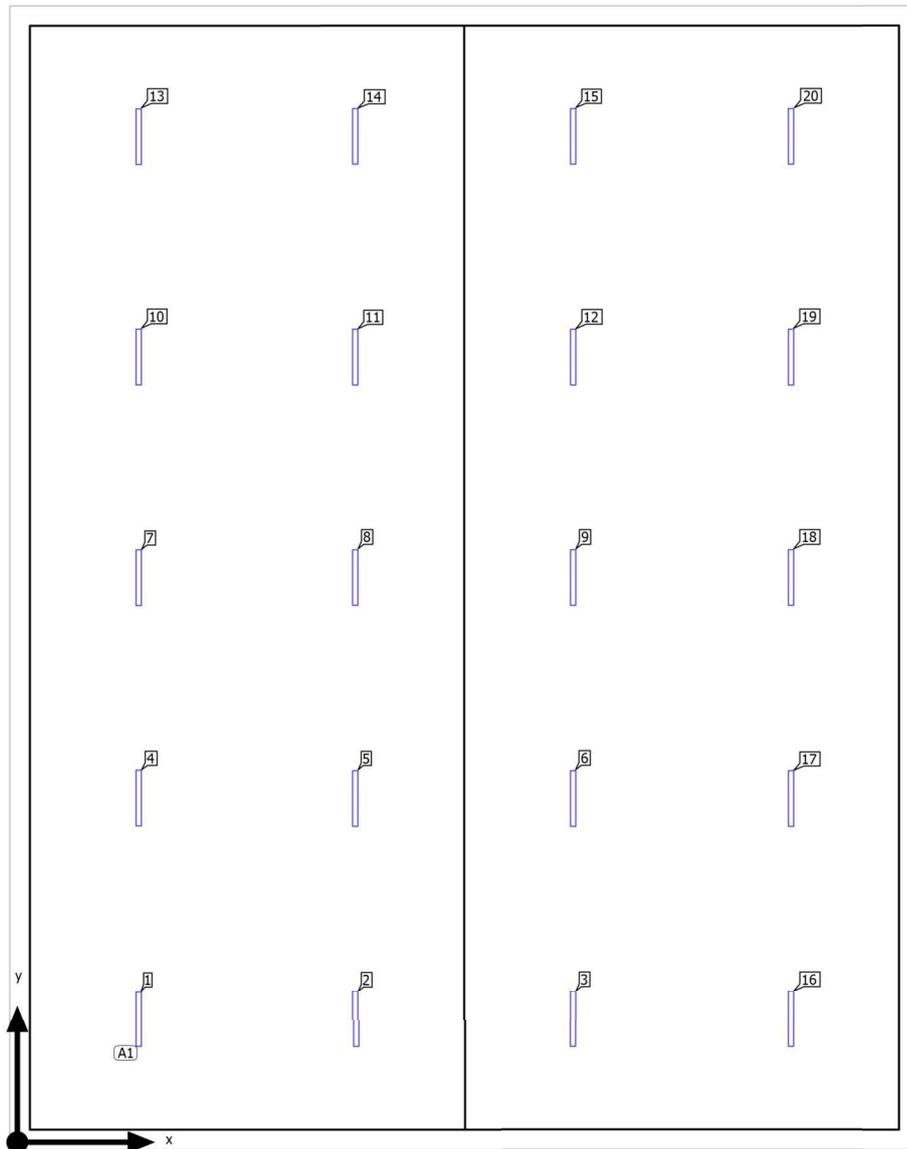
The results were calculated without consideration of objects and furniture. No results were determined on their surfaces.

### Luminaire list

pcs.	Manufacturer	Article No.	Article name	$R_{UG}$	P	$\Phi$	Luminous efficacy
20	Philips		SM136V PSU W20L120 OC 60S/840 NO	20	45.0 W	5998 lm	133.3 lm/W

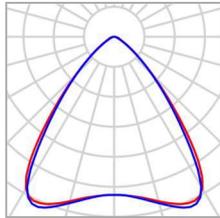
Nave 1 · Local 1 · Room 1

### Luminaire layout plan



Nave 1 · Local 1 · Room 1

### Luminaire layout plan



Manufacturer	Philips	P	45.0 W
Article name	SM136V PSU W20L120 OC 60S/840 NO	Φ <sub>Luminaire</sub>	5998 lm
Fitting	1x 60S/840		

20 x Philips SM136V PSU W20L120 OC 60S/840 NO

Type	Field Arrangement	X	Y	Mounting height	Luminaire
1st luminaire (X/Y/Z)	2.419 m / 2.470 m / 7.444 m	2.419 m	2.470 m	7.444 m	1
X-direction	4 pcs., Centre - centre, 4.338 m	6.756 m	2.470 m	7.444 m	2
Y-direction	5 pcs., Centre - centre, 4.440 m	11.094 m	2.470 m	7.444 m	3
Arrangement	A1	2.419 m	6.910 m	7.444 m	4
		6.756 m	6.910 m	7.444 m	5
		11.094 m	6.910 m	7.444 m	6
		2.419 m	11.350 m	7.444 m	7
		6.756 m	11.350 m	7.444 m	8
		11.094 m	11.350 m	7.444 m	9
		2.419 m	15.790 m	7.444 m	10
		6.756 m	15.790 m	7.444 m	11
		11.094 m	15.790 m	7.444 m	12
		2.419 m	20.230 m	7.444 m	13

Nave 1 · Local 1 · Room 1

**Luminaire layout plan**

X	Y	Mounting height	Luminaire
6.756 m	20.230 m	7.444 m	14
11.094 m	20.230 m	7.444 m	15
15.431 m	2.470 m	7.444 m	16
15.431 m	6.910 m	7.444 m	17
15.431 m	11.350 m	7.444 m	18
15.431 m	15.790 m	7.444 m	19
15.431 m	20.230 m	7.444 m	20



# CoreLine adosable o suspendida

## SM136V 60S/840 PSU W20L120 OC

- 840 blanco neutro - Fuente de alimentación

La luminaria CoreLine adosable o suspendida de la gama de productos CoreLine puede emplearse para sustituir las luminarias de fluorescencia en aplicaciones generales de iluminación. La versión adosable es útil en el caso de techos de hormigón o no modulares, cuando no puedes empotrar las luminarias. La versión suspendida suele instalarse en salas de reuniones o como alumbrado de refuerzo en zonas de tarea o recepciones

### Advertencias y seguridad

- El producto es IPX0 y, como tal, no está protegido contra la entrada de agua; recomendamos encarecidamente que se compruebe adecuadamente el entorno en el que se vaya a instalar la luminaria.
- Si no se sigue el consejo anterior y entra agua en las luminarias, Philips/Signify no puede garantizar que no se produzcan fallos, y la garantía del producto quedará anulada.

### Datos del producto

Información general	
Fuente de luz sustituible	No
Número de unidades de equipo	1 unidad
Driver incluido	Sí
Lighting Technology	LED
Escalera de valor	Rendimiento

Temperatura de color correlacionada (Nom)	4000 K
Eficacia lumínica (nominal) (Nom)	135 lm/W
Índice de reproducción cromática (IRC)	≥80
Valor de parpadeo (PstLM)	1
Valor de efecto estroboscópico (SVM)	0,4
Color de la fuente de luz	840 blanco neutro
Tipo de óptica	Ángulo del haz de 84°
Apertura del haz de luz de la luminaria	84°
Índice de deslumbramiento unificado CEN	19

## CoreLine adosable o suspendida

Operativos y eléctricos	
Tensión de entrada	220-240 V
Line Frequency	50 or 60 Hz
Frecuencia de entrada	50 o 60 Hz
Corriente de arranque	25,6 A
Tiempo de irrupción	0,238 ms
Consumo de energía	44 W
Factor de potencia (fracción)	0.9
Conexión	Conector push-in de 3 polos
Cable	-
Número de productos en MCB de 16 A tipo B	20

Temperatura	
Rango de temperatura ambiente	-10 °C a +35 °C

Controles y regulación	
Regulable	No
Driver/unidad de alimentación/transformador	Fuente de alimentación (ON/OFF)
Flujo luminoso constante	No

Mecánicos y de carcasa	
Material de la carcasa	Acero
Material del reflector	Policarbonato
Material óptico	Policarbonato
Material del cierre óptico/lente	Policarbonato
Fixation material	-
Color de la carcasa	White
Acabado de cierre óptico/lente	Diamond
Longitud global	1.200 mm
Anchura global	200 mm
Altura global	69 mm
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	69 x 200 x 1200 mm

Aprobación y aplicación	
Código de protección de entrada	IP20/44 [Protección de los dedos; protección de cables, protección frente a salpicaduras]
Índice de protección frente a choque mecánico	IK03 [0.3 J]
Sustainability rating	-
Clase de protección IEC	Seguridad clase II

Test del hilo incandescente	Temperatura 650 °C, duración 30 s
Marca de inflamabilidad	Para su montaje en superficies normalmente inflamables
Marca CE	Sí
Certificado ENEC	Certificado ENEC
Período de garantía	5 años
Riesgo fotobiológico	Photobiological risk group 0 @200mm to EN62778
Especificación de riesgo fotobiológico	0,2 m
Conformidad con RoHS UE	Sí

Rendimiento inicial (conforme con IEC)	
Tolerancia de flujo luminoso	+/-10%
Cromaticidad inicial	(0.38, 0.38) SDCM ≤3
Tolerancia de consumo de energía	+/-10%

Rendimiento en el tiempo (conforme con IEC)	
Índice de fallos del equipo de control con una vida útil mediana de 50.000 h	5 %
Mantenimiento lumínico con una vida útil media* 50.000 h	L85
Mantenimiento lumínico con una vida útil media* 100.000 h	L70

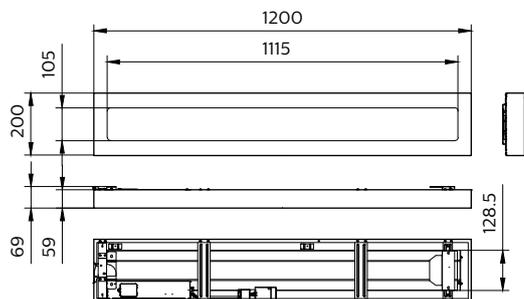
Condiciones de aplicación	
Temperatura ambiente de rendimiento Tq	25 °C
Adecuado para conmutación aleatoria	Sí

Datos de producto	
Full EOC	871951496400600
Nombre de producto del pedido	SM136V 60S/840 PSU W20L120 OC
Código de pedido	96400600
Cantidad por paquete	1
Numerador SAP - Paquetes por caja exterior	1
Número de material (12NC)	911401808485
Nombre completo del producto	SM136V 60S/840 PSU W20L120 OC
Embalaje con código EAN/UPC	8719514964006



## CoreLine adosable o suspendida

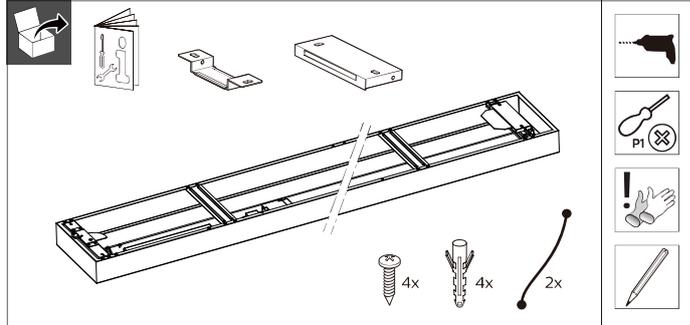
### Plano de dimensiones



**PHILIPS**

CoreLine  
Surface mounted

SM136V



	Power (W)	Lumen output (lm)	Efficacy (lm/W)	CCT (K)	UGR	Class I/II	kg
SM136V 60S/840 PSU W20L120 OC	45W	6000	135	4000	19	I	3.2
SM136V 60S/840 PSD W20L120 OC						II	3.2

\* Default setting

SM136V W20L120	
A	59
B	1200
C	200
D	69
E	107
F	110
G	110

unit: mm

**Surface mounted**

**1**

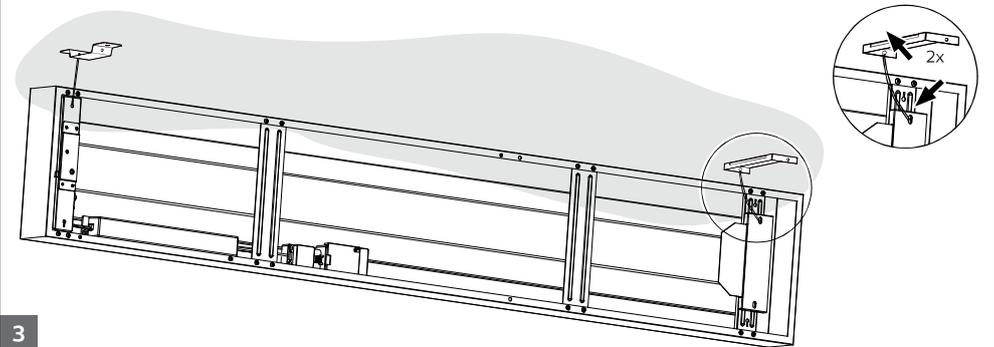
Step 1 (4x)

Step 2 (4x)

Max. Ø5mm

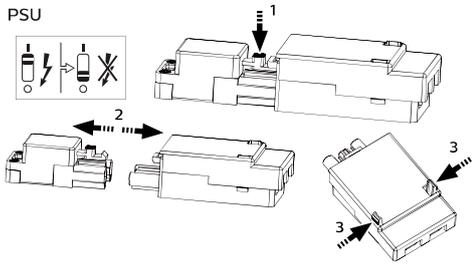
included

included

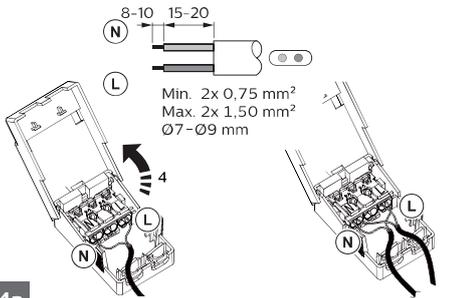
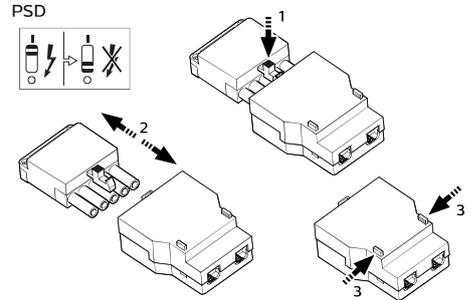


3

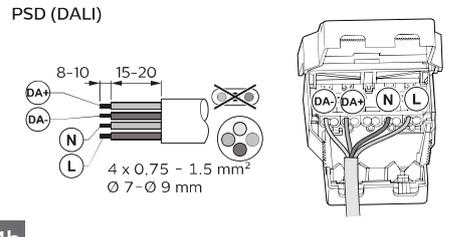
PSU



PSD

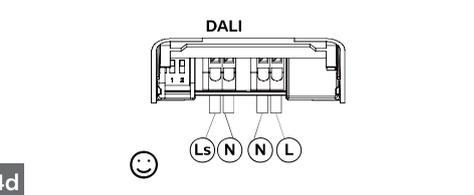
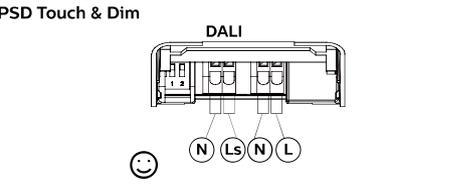
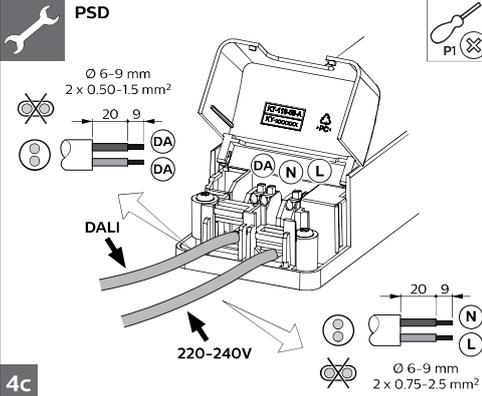


PSD (DALI)



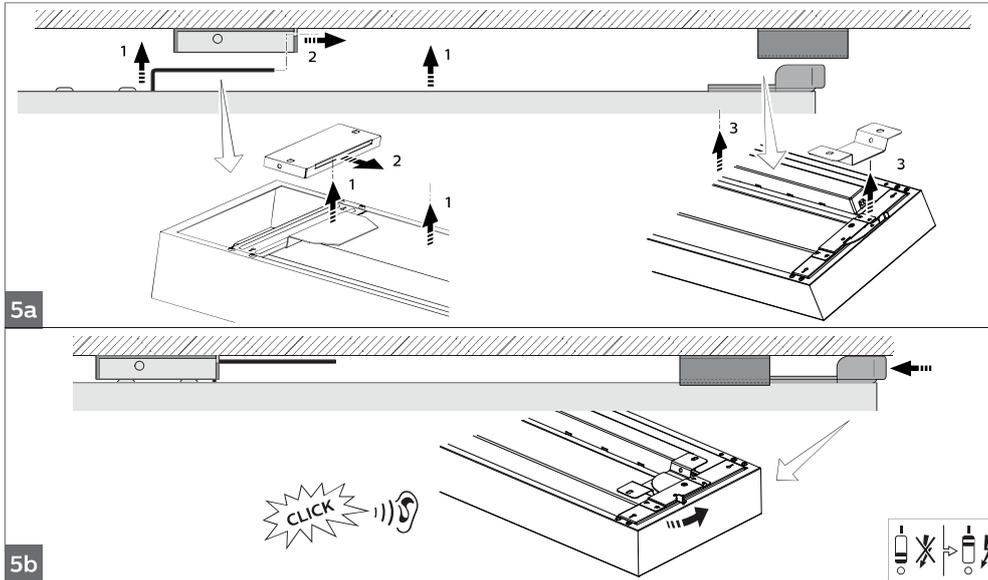
4a

4b



4c

4d



### Suspension

Optional with  
 911401806584 SM136Z SME-3 WH(PSU)  
 911401873284 SM136Z SME-4 WH(PSD)

**PSU**  
 911401806584  
 SM136Z SME-3 WH

1x

4x

8x ST3.2

8x Ø6

8x ST4

2x

The above accessories need to be purchased separately.

20 9

L

N

60227 IEC52  
 2 x 0.75-1.5 mm<sup>2</sup>  
 Ø6-9mm

**PSD**  
 911401873284  
 SM136Z SME-4 WH

1x  
 4x  
 2x  
 8x ST3.2  
 8x  $\varnothing 6$   
 8x ST4

The above accessories need to be purchased separately.

60227 IEC52  
 4 x 0.75-1.5 mm<sup>2</sup>  
 $\varnothing 6-9$ mm

**1b**

$\varnothing 6-9$ mm  
 60227 IEC52  
 4 x 0.75-1.5 mm<sup>2</sup>

**2**

52.5

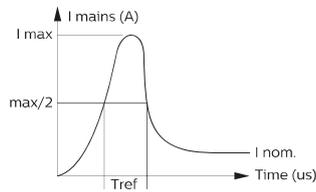
**3**

**4**

Model	L(mm)
W20L120	1105

35  
 $\varnothing 6$   
 L  
 100 - 1450  
 0.8Nm  
 P1

### Inrush current



	SM136V PSU	SM136V PSD
Electrical characteristics		
I <sub>max</sub> (A)	25.6	17.2
T <sub>ref</sub> (μs)	238	270
MCB	No. of luminaires max.	
B-10 A	12	15
B-13 A	16	19
B-16 A	20	24
B-20 A	25	30
B-25 A	31	37
C-10 A	20	24
C-13 A	27	32
C-16 A	34	40
C-20 A	41	49
C-25 A	52	62



- The luminaire shall be installed by a qualified electrician and wired in accordance with the latest IEE electrical regulations or the national requirements.
- The light source of this luminaire is not replaceable; when the light source reaches its end of life the whole luminaire shall be replaced.
- During installation or maintaining the luminaire please use gloves to avoid spots on the cover.
  - To remove dirt and spots use the following:
    - Dust: use micro fiber cloths only.
  - Fingerprints, etc.: use a cleaner for synthetic materials with antistatic properties.
- Luminaires not suitable for covering with thermally insulating material
- Luminaires must not be used or stored in corrosive environment where hazardous materials such as Sulphur, Chlorine, Phthalates, etc. are present.
- Only to be installed outside arm's reach.
- If the external flexible cable or cord of this luminaire is damaged, it shall be exclusively replaced by the manufacturer or his service agent or a similar qualified person in order to avoid a hazard.



### According to new ErP requirement

EN	This product contains a light source of energy efficiency class <D>.
FR	Ce produit contient une source lumineuse de classe d'efficacité énergétique <D>.
BG	Този продукт включва светлинен източник с клас на енергийна ефективност <D>.
ES	Este producto contiene una fuente luminosa de la clase de eficiencia energética <D>.
CS	Tento výrobek obsahuje světelný zdroj s třídou energetické účinnosti <D>.
DA	Denne produkt indeholder en lyskilde i energieeffektivitetsklasse <D>.
DE	Dieses Produkt enthält eine Lichtquelle der Energieeffizienzklasse <D>.
ET	Toode sisaldab energiatõhususe klassi <D> valgusallikat.
EL	Το προϊόν αυτό περιέχει φωτεινή πηγή της τάξης ενεργειακής απόδοσης <D>.
HR	Ovaj proizvod sadržava izvor svjetlosti klase energetske učinkovitosti <D>.
IT	Questo prodotto contiene una sorgente luminosa di classe di efficienza energetica <D>.
LV	Šis ražojums satur gaismas avotu, kura energoefektivitātes klase ir <D>.
LT	Šiame gaminiuje yra šviesos šaltinis, kurio energijos vartojimo efektyvumo klasė <D>.
HU	„Ez a termék egy <D> energiahatékonysági osztályú fényforrást tartalmaz.
MT	Dan il-prodott fih sors tad-dawl tal-klassi tal-efficienza enerġetika <D>.
NL	Dit product bevat een lichtbron van energie-efficiëntieklasse <D>.
PL	Ten produkt zawiera źródło światła o klasie efektywności energetycznej <D>.
PT	Este produto contém uma fonte de luz da classe de eficiência energética <D>.
RO	Acest produs conține o sursă de lumină cu clasa de eficiență energetică <D>.
SK	Tento výrobok obsahuje svetelný zdroj triedy energetickej účinnosti <D>.
SL	Ta izdelek vsebuje svetlobni vir razreda energijske učinkovitosti <D>.
FI	Tämä tuote sisältää valonlähteen, jonka energiatehokkuusluokka on <D>.
SV	Denna produkt innehåller en ljuskälla med energieffektivitetsklass <D>.

## AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)

C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1

N° DoP 1003887



DESCÁRGATE la DoP  
 (declaración de prestaciones)  
<https://es.prysmiangroup.com/dop>



No propagación de la llama  
 UNE-EN 60332-1-2  
 IEC 60332-1-2



No propagación de incendio  
 UNE-EN 50399  
 UNE-EN 60332-3-24  
 IEC 60332-3-24



Libre de halógenos  
 UNE-EN 60754-2  
 UNE-EN 60754-1  
 IEC 60754-2  
 IEC 60754-1



Baja emisión de gases tóxicos  
 UNE-EN 60754-2  
 NFC 20454. It=1  
 DEF-STAN 02-713



Baja emisión de humos  
 UNE-EN 50399



Baja opacidad de humos  
 UNE-EN 61034-2  
 IEC 61034-2



Baja emisión de gases corrosivos  
 UNE-EN 60754-2  
 IEC 60754-2  
 NFC 20453



Baja emisión de calor  
 UNE-EN 50399



Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas  
 UNE-EN 50399



Resistencia al frío



Cable flexible



Alta seguridad



Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para ES05Z1-K TYPE 2 (AS) y 2500 V para H07Z1-K TYPE 2 (AS)

## Reacción al fuego

### Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:  
 UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;  
 UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

### Normativa de fuego completa (incluidas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:  
 UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.

- No propagación del incendio:  
 UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:  
 UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;  
 IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:  
 UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:  
 UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:  
 UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:  
 UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:  
 UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:  
 UNE-EN 50399.

## AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)

**Máxima deslizabilidad**

Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

**Aplicaciones**

Cable extradeslizante especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.

En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.

En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable como por ejemplo: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios, etc. o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción:

- Derivaciones individuales (ITC-BT 15).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
- Cableado interior de cuadros (ITC-BT 28).
- Locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado) (ITC-BT 29).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

**Construcción****1. Conductor**

**Metal:** cobre recocido.

**Flexibilidad:** flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:** 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

**2. Aislamiento**

**Material:** mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.

**Colores:** Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo y negro.

## AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)



## Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm <sup>2</sup> )	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1x1,5	0,7	3,4	20	13,3	14,5	28,84	23,22
1x2,5	0,8	4,1	32	7,98	20	17,66	14,25
1x4	0,8	4,8	46	4,95	26	10,99	8,91
1x6	0,8	5,3	65	3,30	34	7,34	5,99
1x10	1,0	6,8	111	1,91	46	4,36	3,59
1x16	1,0	8,1	164	1,21	63	2,74	2,29
1x25	1,2	10,2	255	0,78	82	1,73	1,48
1x35	1,2	11,7	351	0,554	101	1,25	1,09
1x50	1,4	13,9	520	0,386	122	0,92	0,84
1x70	1,4	16,0	700	0,272	155	0,64	0,61
1x95	1,6	18,2	920	0,206	187	0,46	0,46
1x120	1,6	20,2	1130	0,161	216	0,36	0,38
1x150	1,8	22,5	1410	0,127	247	0,29	0,33
1x185	2,0	20,6	1770	0,106	281	0,26	0,28
1x240	2,2	28,4	2300	0,0801	330	0,18	0,24

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrado en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.

→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.

## 2.1.2. Intensidades admisibles y métodos de instalación

El paso del tiempo ha demostrado que había excesiva simplificación para la diversidad de modos de instalaciones eléctricas en edificios, que se utilizan en la práctica, lo que hacía necesarias unas tablas de cargas más ajustadas a la realidad.

Esta necesidad motivó la publicación de la norma UNE 20460 - "Instalaciones Eléctricas en Edificios", que es una adaptación del Documento de Armonización del CENELEC HD-384 que, a su vez, se corresponde con la recomendación del Comité Electrotécnico Internacional IEC 364. Las intensidades admisibles para cables en instalaciones en edificios se venían recogiendo en la norma UNE 20460-5-523 hasta que en 2014 fue publicada la UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) que es la versión actualmente vigente y de aplicación según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), ITC-BT 19. Las intensidades admisibles de los cables descritos en este apartado se ajustan al contenido de la norma en vigor.

**NOTA:** En este catálogo figuran tablas en las que se alude a cables tripolares o a tres cables unipolares. Por cable tripolar se entiende cable multiconductor con 3 conductores cargados (típicamente en trifásica). Así por ejemplo un cable 5G16 en una instalación trifásica es un cable tripolar a efectos de las tablas de cargas porque, salvo influencia significativa de los armónicos, sólo llevará cargados los conductores de las 3 fases.

Cuando se habla de tres cables unipolares, análogamente nos referimos a una línea con 3 cables activos de un solo conductor, al margen de que en el circuito haya otros conductores considerados no activos (neutro sin armónicos y/o "tierra").



Cable unipolar



Cable multipolar (5 conductores) para trifásica (3 conductores activos si la línea está exenta de armónicos).

### Modos de instalación

La tabla A.52.3 de la norma UNE HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52), relaciona los "modos de instalación", haciéndolos corresponder a unas instalaciones "tipo", cuya capacidad de disipación del calor generado por las pérdidas es similar a aquellos, por lo que se pueden agrupar en una determinada tabla de cargas común (tabla C.52.1 bis) para todos los modos que se adaptan a la misma instalación tipo.

**Tabla A.52.3**  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo"

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
1		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en paredes térmicamente aislantes.	A1

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

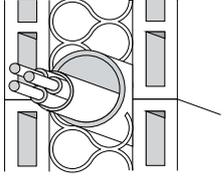
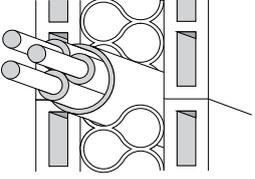
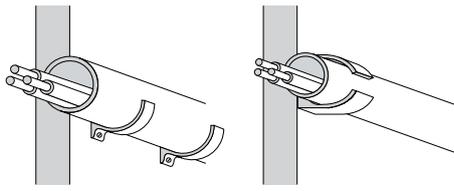
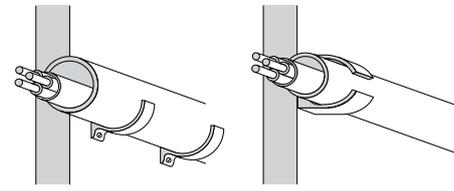
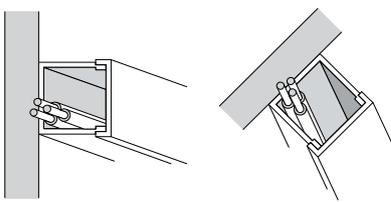
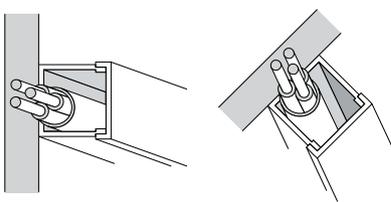
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
2		Cable multiconductor en conductos empotrados en una pared térmicamente aislante.	A2
3		Cable multiconductor empotrado directamente en una pared térmicamente aislante.	A1
4		Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B1
5		Cable multiconductor en conducto sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto.	B2
6 7		Conductores aislados o cables unipolares en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B1
8 9		Cable multiconductor en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B2

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

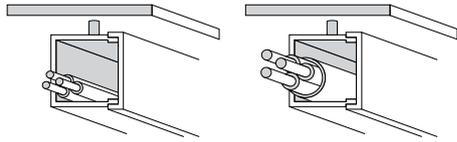
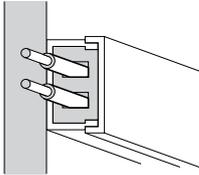
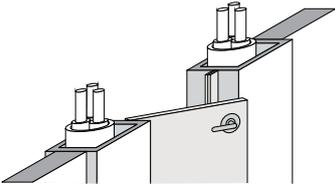
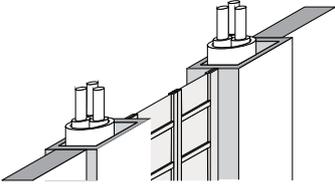
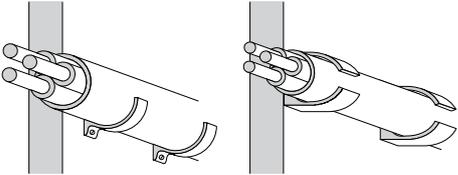
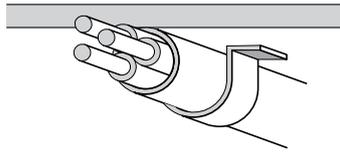
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
10 11		Conductores aislados en canal protectora suspendida. Cable multiconductor en canal protectora suspendida.	B1 B2
12		Conductores aislados o cables unipolares en molduras.	A1
15		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en arquitrave.	A1
16		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en los marcos de ventana.	A1
20		Cables unipolares o multipolares fijados sobre una pared de madera o espaciados menos de 0,3 veces el diámetro del cable de la pared.	C
21		Cables unipolares o multipolares fijados bajo un techo de madera o mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	C

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

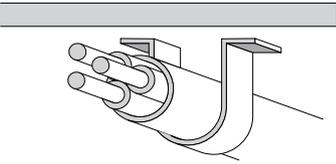
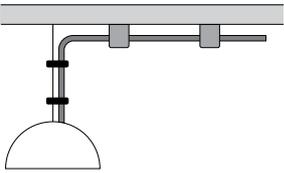
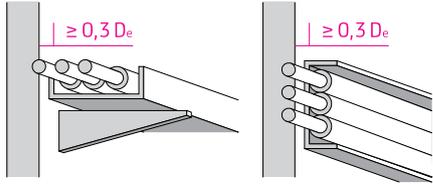
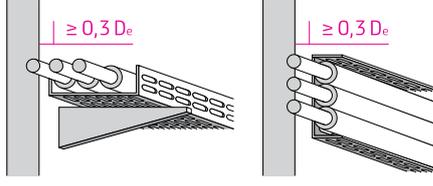
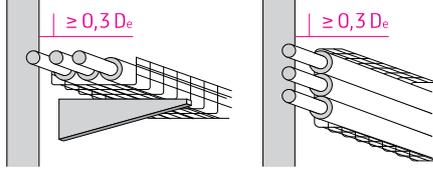
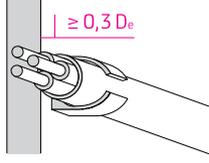
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
22		Cables unipolares o multipolares separados del techo.	En estudio (se recomienda E)
23		Instalación fija de un receptor suspendido.	C
30		Cables unipolares o multipolares sobre bandejas de cables no perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	C
31		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre bandejas perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
32		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre soportes o bandeja rejilla: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
33		Cables unipolares (F) o multipolares (E) separados de la pared más 0,3 veces el diámetro del cable.	E o F

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

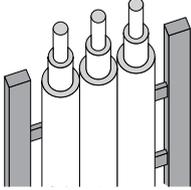
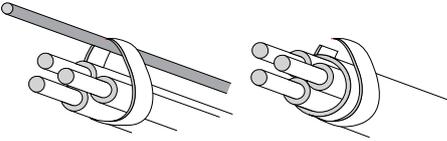
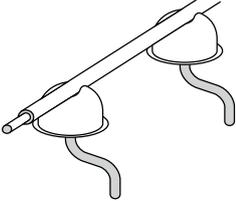
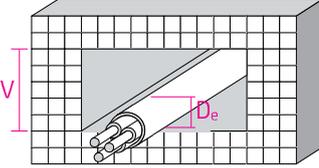
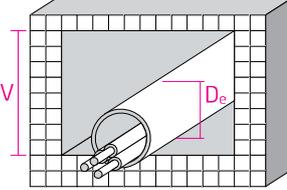
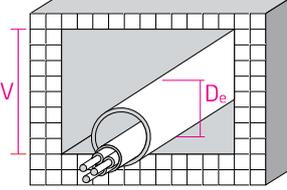
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
34		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre escaleras de cables.	<b>E o F</b>
35		Cables unipolares (F) o multipolar (E) suspendido.	<b>E o F</b>
36		Conductores desnudos o aislados sobre aisladores.	<b>G</b>
40		Cables unipolares o multipolares en hueco de construcción.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5,0 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B1</b>
41		Conductores aislados en conductos circulares en hueco de construcción.	$1,5 D_o \leq V < 20 D_o$ <b>B2</b> $V < 20 D_o$ <b>B1</b>
42		Cables unipolares o multipolares en conductos circulares en hueco de construcción.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_o \leq V < 20 D_o$ <b>B2</b> $V < 20 D_o$ <b>B1</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
52		Conductores aislados o cables unipolares en canal empotrada	<b>B1</b>
53		Cable multiconductor en canal empotrada.	<b>B2</b>
54		Conductores aislados o cables unipolares en tubo en canal de obra, no ventilada, en recorrido horizontal o vertical.	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
55		Conductores aislados en tubo, en canal de obra abierta o ventilada en el suelo.	<b>B1</b>
56		Cables unipolares o multipolares en canal de obra abierta o ventilada de recorrido horizontal o vertical.	<b>B1</b>
57		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W sin protección mecánica complementaria.	<b>C</b>
58		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W con protección mecánica complementaria.	<b>C</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

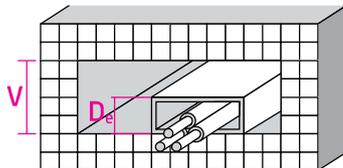
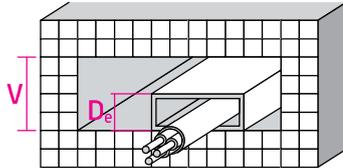
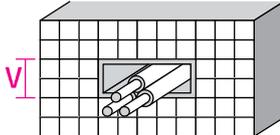
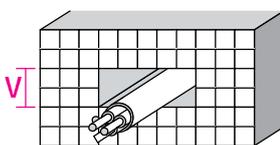
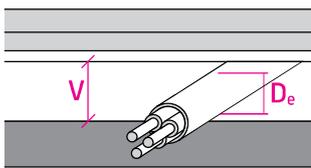
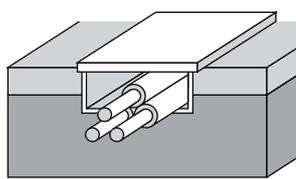
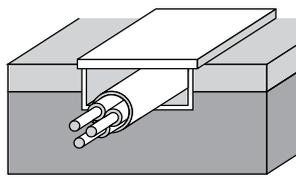
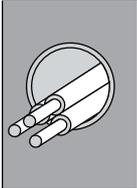
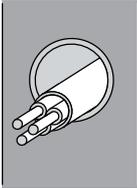
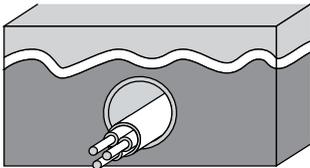
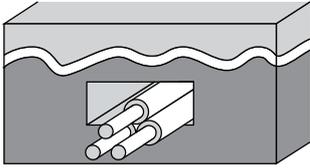
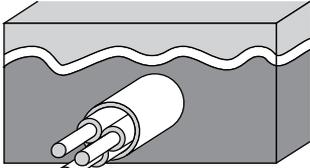
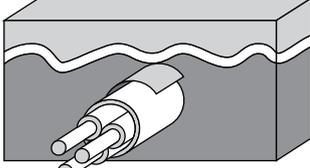
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
43		Conductores aislados en conductos no circulares en hueco de construcción.	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
44		Cables unipolares o multipolares en conductos no circulares en vacíos de construcción.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
45		Conductores aislados en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5 D_e \leq V < 50 D_e$ <b>B1</b>
46		Cables unipolares o multipolares en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
47		Cables unipolares o multipolares en hueco en el techo o en los suelos suspendidos.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5 D_e \leq V < 50 D_e$ <b>B1</b>
50		Conductores aislados o cables B1 unipolares en canales empotrados en el suelo.	<b>B1</b>
51		Cable multiconductor en canales B2 51 empotrados en el suelo.	<b>B2</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
59		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	B1
60		Cables multiconductores en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	B2
70		Cable multiconductor en tubo o en conducto enterrado cerrado de sección no circular.	D1
71		Cables unipolares en tubo o en conducto enterrado.	D1
72		Cables unipolares o multipolares enterrados <i>sin</i> protección mecánica complementaria.	D2
73		Cables unipolares o multipolares enterrados <i>con</i> protección mecánica complementaria.	D2

Así pues, sólo habrá que considerar las tablas de carga de las diez instalaciones "tipo" (A1, A2, B1, B2, C, D1, D2, E, F y G) con las que se identificarán los distintos "métodos de instalación" mencionados.

Debe recordarse que el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) denomina "conductores aislados" a los conductores aislados sin cubierta como, por ejemplo, los cables

**WIREPOL CPRO RÍGIDO,  
WIREPOL CPRO FLEXIBLE  
o AFUMEX CLASS 750 V (AS)**

Se trata de cables que, en el mejor de los casos presentan un nivel de aislamiento de 450/750 V y siempre serán unipolares, lo que limita su campo de aplicación a su "instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos".



Por otro lado, cuando se alude a los cables, se refiere siempre a conductores aislados con una cubierta adicional como, por ejemplo, los cables

**RETENAX CPRO FLEX  
o AFUMEX CLASS 1000 V (AS)**

tanto unipolares como multipolares.



## 2.1.3. Intensidades admisibles

La posibilidad de empleo de uno u otro tipo de cable lo determinará el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, de acuerdo con las características de la instalación. Como se puede observar, la tabla C.52.1 bis - Intensidades admisibles (en A) al aire (40 °C) de la norma UNE-HD 60364-5-52 (2014), que se reproduce en la página 54, presenta 18 columnas entre las que, según cual sea el "tipo" de instalación al que se corresponda el "método de instalación" adoptado, el número de conductores cargados del circuito y la naturaleza del aislamiento, se tomará de la columna de cargas adecuada al caso que se trate.

Estas tablas se han confeccionado para las condiciones estándares de instalaciones al aire: un solo circuito a 40 °C de temperatura ambiente a la sombra y temperaturas máximas en el conductor de 70 °C para los aislamientos tipo termoplásticos, (PVC, poliolefinas Z1...) y de 90 °C para los termoestables, (XLPE, EPR, poliolefinas Z...).

Se observa que para instalaciones en el interior de edificios, no se distingue entre cables de tensión asignada 450/750 V ó 0,6/1 kV, ya que las resistividades térmicas de ambos son comparables y sólo varían de manera notable cuando se compara un "conductor aislado", que sólo tiene aislamiento, y un "cable" que dispone de aislamiento y cubierta, extremo que ya se ha tenido en cuenta al definir la instalación "tipo". Por tanto, para una determinada instalación "tipo", lo que define la tabla de cargas a considerar será el número de conductores activos, dos en monofásico o continua, o tres en trifásico, y la naturaleza del material aislante del conductor, termoplástico (PVC o de similar comportamiento térmico), o termoestable (XLPE o de

similar comportamiento térmico), que determina la temperatura máxima admisible en el conductor en régimen permanente.

Para elegir correctamente el tipo de cable en la tabla C.52.1 bis, hay que tener en cuenta la siguiente división entre cables termoplásticos (PVC) y termoestables (XLPE):

El número 2 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay dos conductores activos (típicamente fase y neutro de instalaciones monofásicas, el conductor de protección no se considera activo).

El número 3 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay tres conductores activos (típicamente las 3 fases en suministros trifásicos. El neutro y el conductor de protección no se consideran activos normalmente en este tipo de instalaciones). Existe una consideración especial para neutros cargados por la influencia de los armónicos; este aspecto viene detallado en el anexo E de la UNE-HD 60364-5-52 (2014).

## Cables termoplásticos (70 °C temperatura máxima en conductor)

<b>AFUMEX CLASS 500 V (AS)</b>	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS 750 V (AS)</b>	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS HAZ (AS)</b>	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS Paneles Rígido (AS)</b>	H07Z1-R TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)</b>	Z1Z1-K (AS)
<b>BLINDEX PROTECH 500 V (AS)</b>	Z1C4Z1-K (AS)
<b>BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)</b>	Z1C4Z1-K (AS)
<b>WIREPOL CPRO Flex</b>	H05V-K / H07V-K
<b>WIREPOL CPRO Rígido</b>	H05V-U / H07V-U / H07V-R
<b>WIREPOL CPRO GAS</b>	H05VV-F
<b>SINTENAX CPRO AG</b>	H05VV-F
<b>SINTENAX CPRO 1000 V</b>	VV-K
<b>DATAx LiYCY CPRO</b>	LiYCY

## Cables termoestables (90 °C temperatura máxima en conductor)

<b>AFUMEX PANELES Flex</b>	H05Z-K / H07Z-K
<b>AFUMEX CLASS 1000 V (AS)</b>	RZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS MANDO (AS)</b>	RZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS FIRS (AS+)</b>	mRZ1-K (AS+)
<b>AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)</b>	SOZ1-K (AS+)
<b>AFUMEX CLASS VARINET RZ1C4OZ1-K VFD 1 kV (AS)</b>	RZ1C4OZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS ATEX (AS)</b>	RZ1MZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)</b>	RZ1MZ1-K 2RH (AS)
<b>AFUMEX EXPO</b>	H07ZZ-F
<b>AL AFUMEX CLASS (AS)</b>	AL RZ1 (AS)
<b>PRYSMIAN PRYSOLAR</b>	H1Z2Z2-K
<b>TECSUN</b>	H1Z2Z2-K
<b>RETENAX CPRO Flex</b>	RV-K
<b>RETENAX CPRO Rígido</b>	RV (XV)
<b>RETENAX FLAM F</b>	RVFV
<b>FLEXTREME MAX</b>	H07RN-F / DN-F
<b>BUPRENO BOMBAS SUMERGIDAS</b>	DN-F BOMBAS SUMERGIDAS
<b>AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)</b>	AL XZ1 (S)
<b>AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)</b>	AL XZ1 (AS)
<b>AL POLIRRET CPRO</b>	AL RZ
<b>POLIRRET FERIECX CPRO</b>	RZ

Tabla C.52.1 bis

Intensidades admisibles en amperios al aire (40°C)

Método de instalación tipo según tabla 52-B2	Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores gargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																		
A1			PVC3 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)								
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)										
B1				PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)				XLPE2 (90 °C)		
B2			PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (90 °C)							
C							PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (70 °C)		
D1/D2*	Ver siguiente tabla																		
E										PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)			XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)	
F											PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)	
	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617	
300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713	
Aluminio	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	
	6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	
	10	26	27	31	33	35	38	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60		
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	82
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
	35				74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
	50				90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
	70				115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
	95				140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
	120				161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
	150					187	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
	185					212	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406
	240					248	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482
300					285		313		331		366		400		429	462	494	558	

NOTA: con fondo naranja figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios). Los valores con fondo azul no figuran en la tabla original. Han sido calculados con los criterios de la propia norma UNE-HD 60364-5-52. Los valores con fondo amarillo no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52, por lo que se ha recurrido al método de cálculo de la última versión internacional de la norma IEC 60364-5-52, que curiosamente no ha eliminado el método de cálculo como se ha hecho en la versión UNE-HD.

Tabla C.52.2 bis

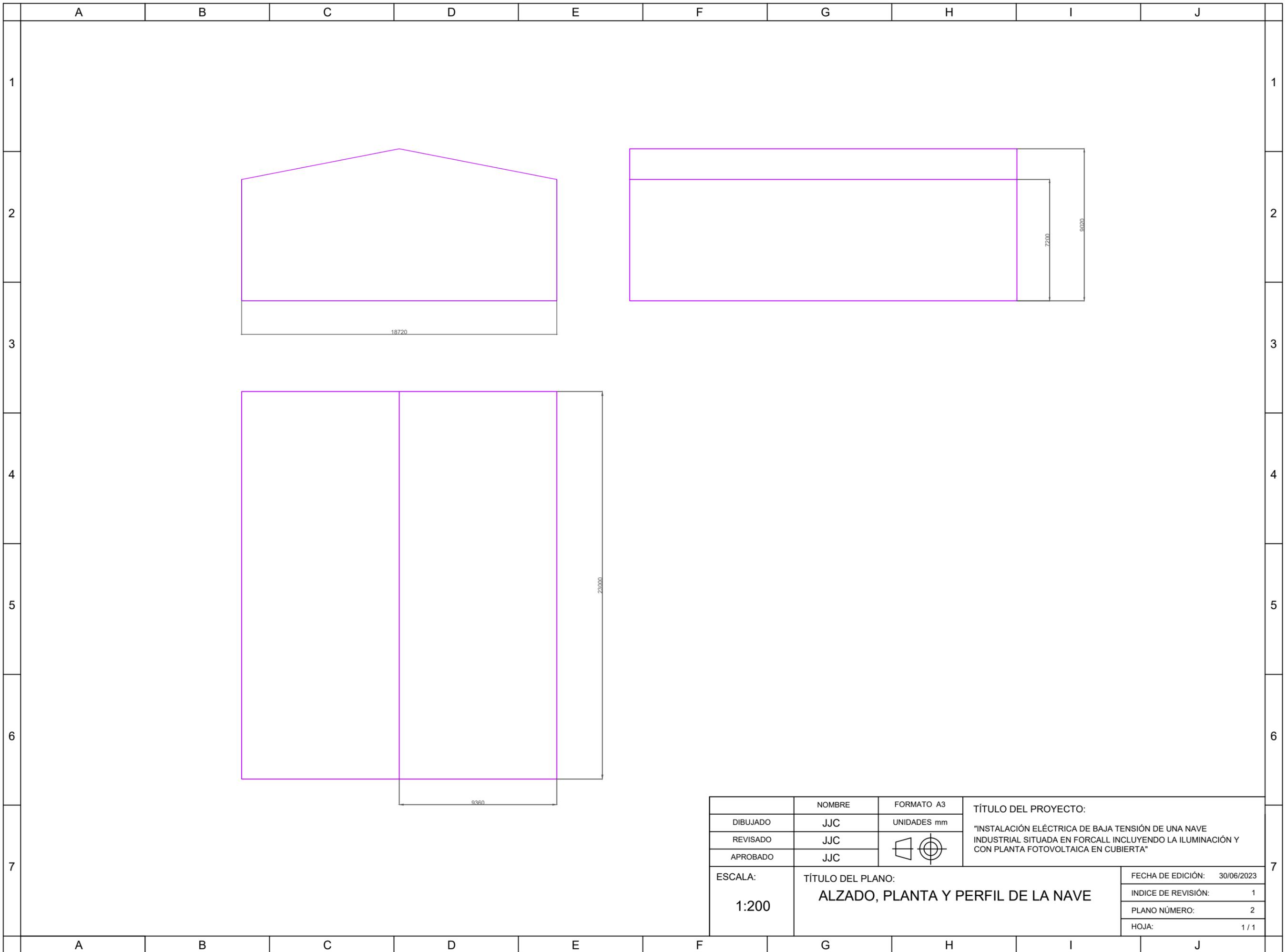
Cables en tendidos enterrados directamente o bajo tubo. Temperatura 25 °C y resistividad térmica 2,5 K·m/W.

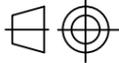
Métodos D1/D2	Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	297	309	349
	XLPE3	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295	

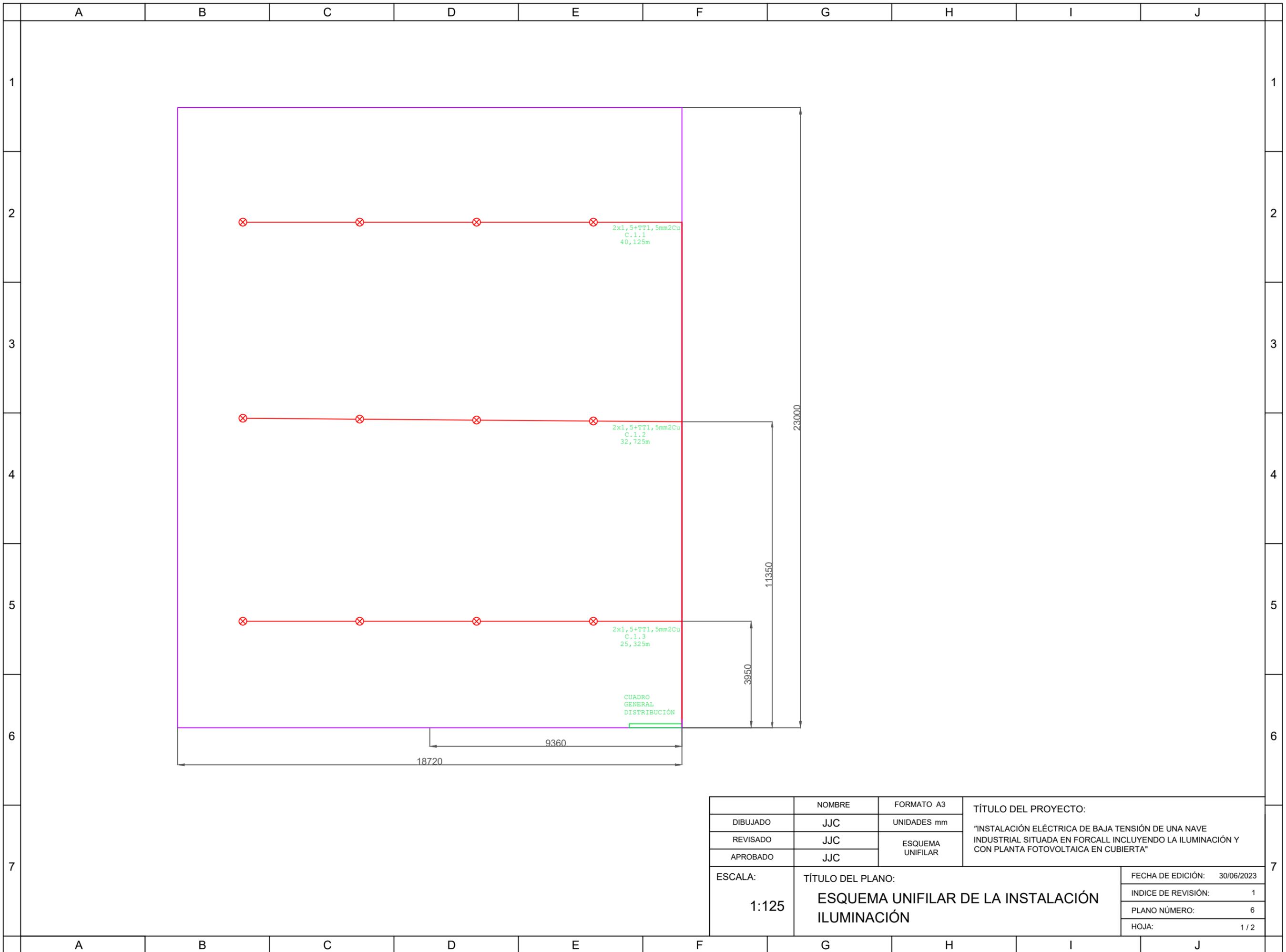


# Planos

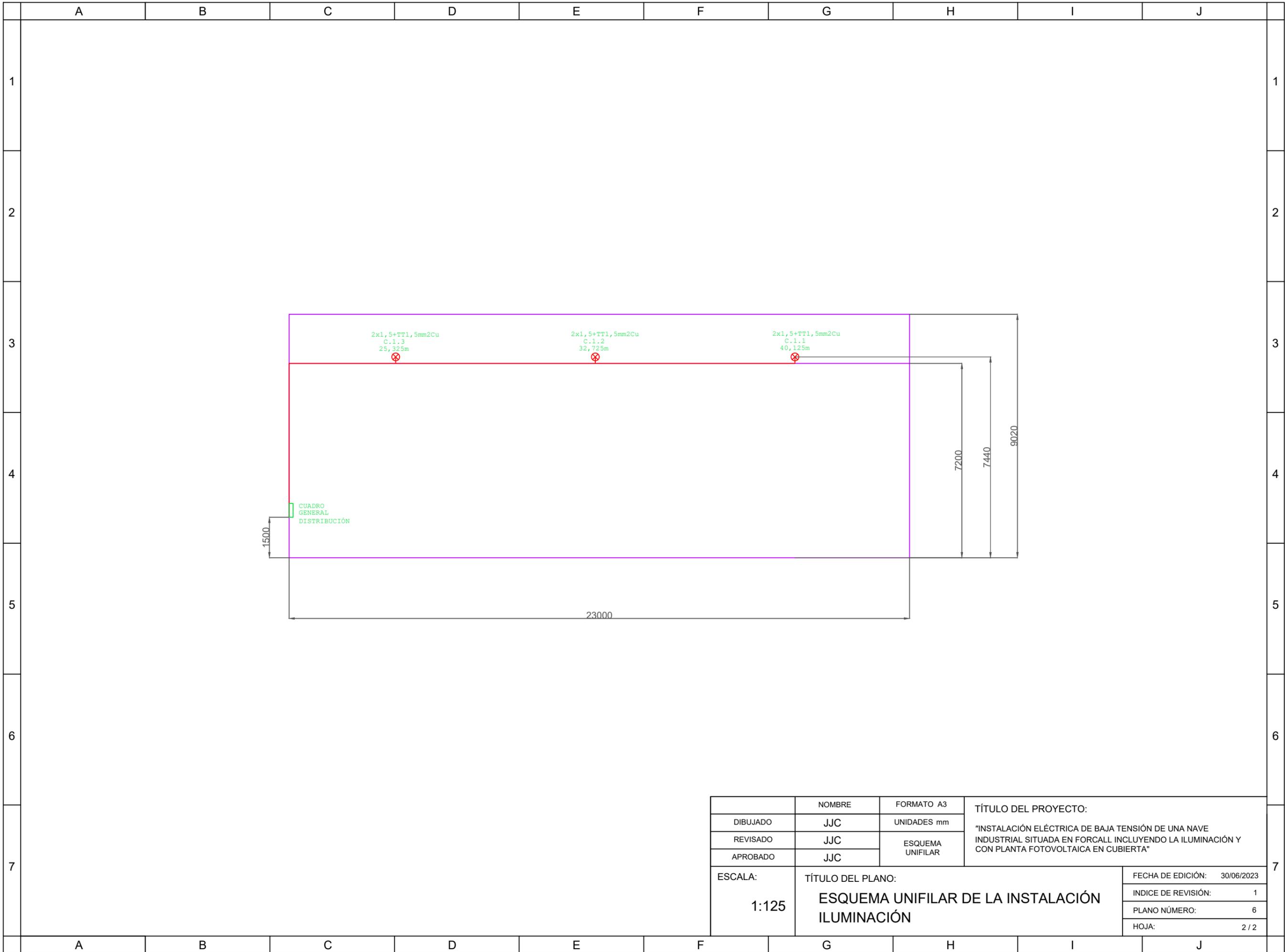




	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC		
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:200	TÍTULO DEL PLANO: ALZADO, PLANTA Y PERFIL DE LA NAVE		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
			INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 2
			HOJA: 1 / 1

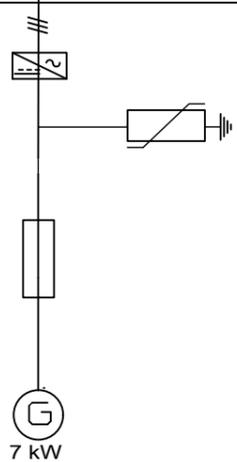
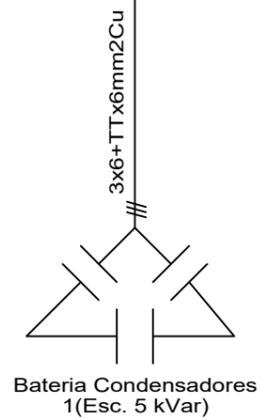
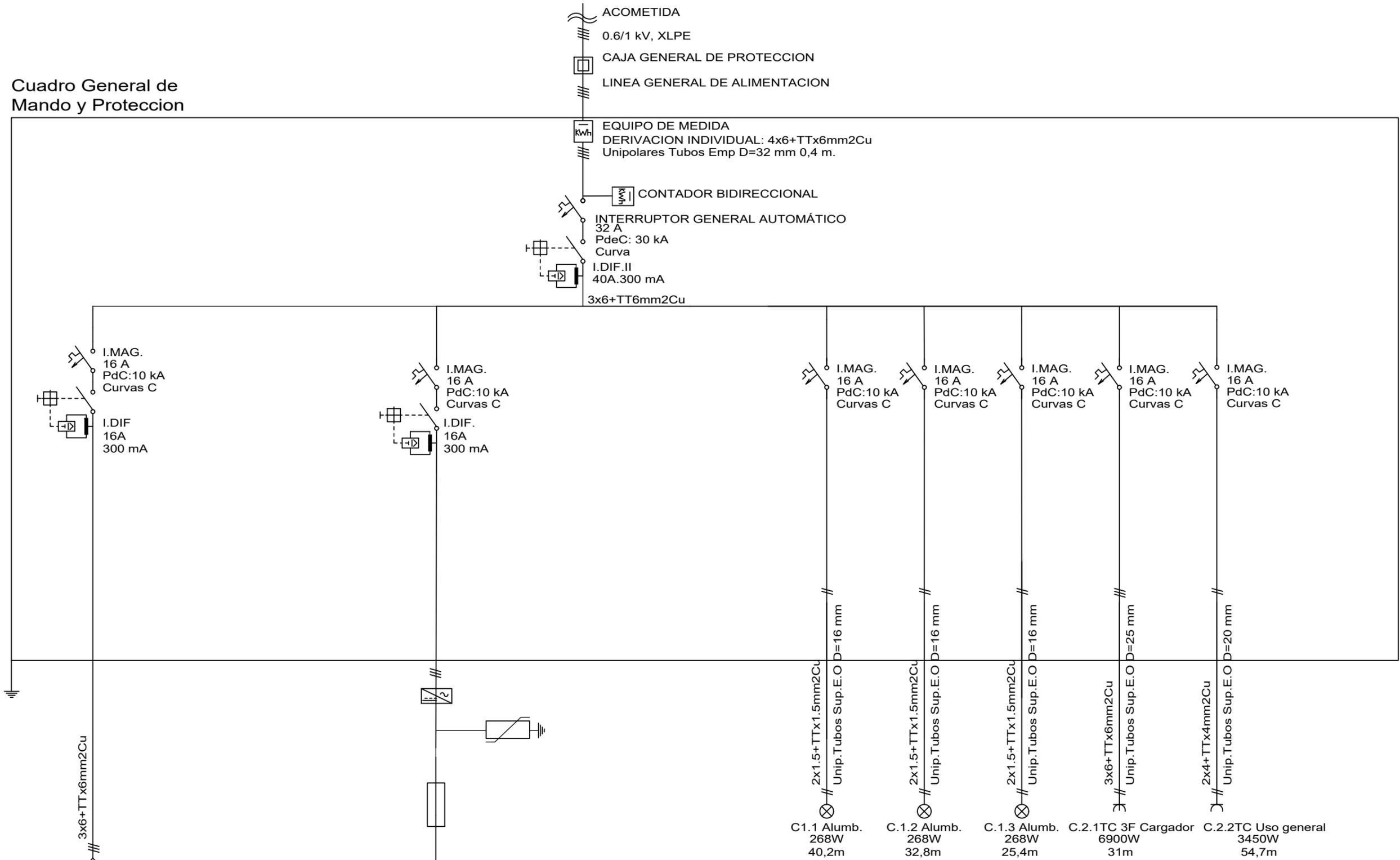


	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:125	TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ILUMINACIÓN		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
			INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 6
			HOJA: 1 / 2



	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:125	TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ILUMINACIÓN		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023 INDICE DE REVISIÓN: 1 PLANO NÚMERO: 6 HOJA: 2 / 2

**Cuadro General de Mando y Protección**



	NOMBRE	FORMATO	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	A3	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
-	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN		INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 8
			HOJA: 1 / 1



# **Pliego de condiciones técnicas instalaciones de iluminación**



# Índice

1.	Condiciones generales.....	245
2.	Conductores de cobre y aluminio para baja tensión .....	245
2.1	Modos de instalación .....	245
2.2	Caídas de tensión.....	246
2.3	Intensidades máximas admisibles .....	246
2.4	Factores de corrección .....	246
2.5	Factores de corrección por tipo de receptor o instalación .....	246
2.6	Efectos de corrientes armónicas .....	247
2.7	Radios de curvatura.....	247
2.8	Ensayos eléctricos .....	247
2.9	Tipos de cable.....	247
3.	Canalizaciones por tubería aislante rígida.....	247
3.1	Normas .....	247
3.2	Modos de instalación .....	247
3.3	Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas.....	248
3.4	Accesibilidad a las instalaciones.....	248
3.5	condiciones de servicio .....	249
4.	Cuadros eléctricos de distribución .....	249
4.1	Normas .....	249
4.2	Características eléctricas .....	249
4.3	Características de diseño.....	250
4.4	Unidades funcionales .....	252
4.5	Ensayos eléctricos .....	252
4.6	Embalaje, manipulación y transporte .....	252
4.7	Montaje y puesta en servicio.....	253
5.	Pequeño material eléctrico.....	253
5.1	Normas .....	253
5.2	Unidades funcionales .....	253
5.3	Accesorios y sistemas de instalación .....	255
5.4	Ensayos eléctricos .....	256
5.5	Manipulación y transporte .....	256
5.6	Montaje y puesta en servicio.....	256
6.	LEDs adosables o suspendidos .....	256

6.1	Normas .....	256
6.2	Ensayos eléctricos .....	256
6.3	Etiquetado e identificación .....	257
6.4	Manipulación y transporte.....	257
6.5	Montaje y puesta en servicio.....	257
6.6	Puesta a tierra .....	257
6.7	Normas .....	257
6.8	Tomas de tierra .....	257
6.9	Conducciones enterradas.....	258
6.10	Conductores de tierra.....	258
6.11	Bornes de puesta a tierra .....	258
6.12	Conductores de protección.....	258
6.13	Condiciones generales.....	258
7.	Condiciones revisión y mantenimiento.....	259
7.1	Mantenimiento y garantía.....	259
7.2	Acabados y remates finales .....	259
7.3	Pruebas de puesta en marcha.....	259
7.4	Inspecciones .....	260
7.5	Calidades .....	260
7.6	Seguridad.....	261
8.1	Documentación gráfica .....	261
8.2	Documentación final de obra .....	262

## 1. Condiciones generales

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

## 2. Conductores de cobre y aluminio para baja tensión

Conductores eléctricos para instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del artículo 2 (límites de tensión nominal igual o inferior a 1000V) y con tensión asignada dentro de los márgenes fijados en el artículo 4 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-19).

### 2.1 Modos de instalación

Según la clasificación establecida en la UNE 20460-5-523 (tabla 52-B2) en la que se identifican instalaciones cuya capacidad de disipación del calor generado por las pérdidas es similar por lo que pueden agruparse en una determinada tabla común de cargas.

Denominación según UNE 20460. Conductores aislados: Conductores aislados sin cubierta, unipolares, con nivel de aislamiento hasta 750V. Se instalarán en conductos de superficie o empotrados o sistemas cerrados análogos. Cables: Conductores aislados con una cubierta adicional, unipolares o multipolares, con un nivel de aislamiento de 1000V.

Las condiciones generales de instalación serán las que se establecen en la ITC- BT-19.

Siempre que los elementos de la instalación lo permitan las conexiones con terminales de presión y fundas termorretráctiles. En cualquier caso, se retirará la envoltura imprescindible para realizar el acoplamiento a terminales o bornas de conexión. No se admitirán conexiones donde el conductor sobresalga de la borna o terminal.

Las derivaciones se realizarán siempre mediante bornas o kits. No se permitirán empalmes realizados por torsión de un conductor sobre otro.

Los cables se fijarán a los soportes mediante bridas, abrazaderas o collares de forma que no se perjudiquen a las cubiertas de los mismos. La distancia entre dos puntos de fijación consecutivos no excederá de 0,40 metros para conductores sin armar, y 0,75 metros para conductores armados.

## 2.2 Caídas de tensión

La sección de los conductores se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización se corresponda con los valores máximos fijados en la ITC-BT-19.

Caídas de tensión máximas. Viviendas: 3% en cualquier circuito interior. Terciario o industrial en BT: 3% para alumbrado y 5% para otros usos. Terciario o industrial en MT: 4,5% para alumbrado y 6,5% para otros usos.

## 2.3 Intensidades máximas admisibles

De acuerdo con los valores indicados en la UNE 20460-5-523 (tabla A.52-1bis) para una temperatura ambiente del aire de 40°C y para los distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable. Se deberá tener en cuenta la división entre cables termoplásticos (PVC, Z1 o similares) y termoestables (XLPE, EPR, Z o similares).

## 2.4 Factores de corrección

Cuando las condiciones de la instalación sean distintas a las fijadas en la tabla A.52-1bis (temperatura ambiente distinta a 40°C, circuitos agrupados en una misma canalización, influencia de armónicos, etc.), se tomarán los factores de corrección correspondientes a las condiciones de instalación previstas.

## 2.5 Factores de corrección por tipo de receptor o instalación

- Locales con riesgo de incendio o explosión: Intensidad admisible reducida un 15% (ITC-BT-29).
- Instalaciones generadoras en BT: Cables dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima prevista (ITC-BT-40).
- Lámparas de descarga: Carga mínima en VA igual a 1,8 veces la potencia en W (ITC-BT-44).
- Motores: Cables dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima prevista (ITC-BT-47).
- Aparatos elevación: Cables dimensionados para una carga no inferior a 1,3 de la máxima prevista (ITC-BT-47).

## 2.6 Efectos de corrientes armónicas

Se deberán aplicar métodos adecuados según anexo C de la norma UNE 20460- 5-523.

## 2.7 Radios de curvatura

Mínimos aplicables a todos los cables UNE 21123 en posición definitiva de servicio:

Cables sin armadura	Diámetro exterior del cable de curvatura	Radio mínimo
	Menos de 25mm	4 D
	De 25 a 50mm	5 D
	Más de 50mm	6 D
	Cables armados	10 D

## 2.8 Ensayos eléctricos

De acuerdo con la ITC-BT-19 y especificaciones de la Guía Técnica de Aplicación - Anexo 4.

## 2.9 Tipos de cable

Resumen de tipos de cable para los distintos tipos de instalación según el REBT:

- Distribución. Acometidas: ITC-BT-11
- Instalaciones de enlace: ITC-BT-14/15/16
- Instalaciones interiores o receptoras: ITC-BT-20

# 3. Canalizaciones por tubería aislante rígida

Tubos aislantes rígidos blindados de PVC libres de halógenos para uso en instalaciones eléctricas no subterráneas. Estancos, con uniones roscadas o enchufables, no propagadores de la llama. Cumplirán las condiciones que especifica el REBT (ITC-BT-21).

## 3.1 Normas

Cumplirán las exigencias de las UNE-EN 60423, UNE-EN 50086-2-1, UNE-EN 50086-2-2 y UNE 20.324.

## 3.2 Modos de instalación

Según las condiciones siguientes: Canalizaciones fijas en superficie. Canalizaciones empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra. Canalizaciones empotradas embebidas en hormigón.

Las características mínimas generales y las condiciones de instalación y colocación de los tubos y cajas de conexión y derivación de los conductores serán las que se establecen en la ITC-BT-021. La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir, además, lo prescrito en la norma UNE 20460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Los accesorios a utilizar (codos, tes, cruces, uniones, etc.) y los elementos de fijación y soportación serán específicos del tipo de tubería empleado y mantendrán las prestaciones mecánicas y resistencia media a la corrosión.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúe la instalación.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios.

El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres.

La unión de tubos rígidos a tubos flexibles se hará mediante racores especiales a tal fin. Los tubos que no vayan empotrados o enterrados se sujetarán a paredes o techos alineados y sujetos por abrazaderas a una distancia máxima entre dos consecutivas de 0,80 metros.

Asimismo, se dispondrán fijaciones de una y otra parte de los cambios de dirección y en la proximidad inmediata de equipos o cajas. En ningún caso existirán menos de dos soportes entre dos cajas o equipos.

No se establecerán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación en plantas inferiores. Para la instalación correspondiente a la propia planta únicamente podrán instalarse en estas condiciones cuando sean tubos blindados y queden recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 cm de espesor como mínimo además del revestimiento.

Cuando los tubos vayan empotrados en rozas, la profundidad de éstas será la equivalente al diámetro exterior del tubo más de un centímetro, que será el recubrimiento.

### 3.3 Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

### 3.4 Accesibilidad a las instalaciones

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envolventes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

### 3.5 Condiciones de servicio

Recepción, manipulación y almacenamiento. Se verificará a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los materiales se realizará de forma que evite queden expuestos a torsión, abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los materiales. Si la instalación no es inmediata, los materiales se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

## 4. Cuadros eléctricos de distribución

Para la centralización de aparamenta de seccionamiento y protección, medida, mando y control en distribuciones eléctricas de baja tensión. Cumplirán las especificaciones del REBT. Instrucciones técnicas complementarias (ITC).

### 4.1 Normas

Cumplirán la normativa siguiente: UNE-EN 60439-1 (clasificación, condiciones de empleo, características eléctricas, construcción, disposiciones y ensayos); UNE 20324 y UNE-EN 50102 (protección de la envolvente); UNE-EN 60447 (maniobra de los aparatos eléctricos); UNE-EN 60073 (señalización) y CEI 60152, CEI 60391 y CEI 60446 (identificación de los conductores).

Todos los componentes de material plástico responderán al requisito de autoextinguibilidad conforme a la norma UNE-EN 60695-2.

### 4.2 Características eléctricas

Tensión asignada de empleo ( $U_e$ )	Hasta 1000 V
Tensión asignada de aislamiento ( $U_i$ )	Hasta 1000 V
Tensión asignada soportada al impulso ( $U_{imp}$ )	8 kV
Frecuencia asignada	50-60 Hz
Corriente asignada	Hasta 3200 A
Corriente asignada de corta duración admisible ( $I_{cw}$ )	Hasta 105 kA
Corriente asignada de cresta admisible ( $I_{pk}$ )	Hasta 254 kA
Compartimentación	Forma 2, 3 y 4
Grado de protección	IP.31/41/65 (*)

(\*) Sin puerta/ Con puerta y panel lateral ventilado/ Con puerta y panel lateral ciego.

### 4.3 Características de diseño

Básicamente constituidos por:

- Sistema funcional.
- Envolvente metálica.
- Sistemas de barras.
- Disposición de la aparamenta.
- Conexión de potencia.
- Circuitos auxiliares y de baja potencia.
- Etiquetado e identificación.

Cumplirán las condiciones constructivas y de servicio que se establecen en los documentos del proyecto (memoria descriptiva, cálculos, planos, partidas económicas, mediciones y pliego de condiciones técnicas generales).

**Sistema funcional.** Deberá permitir realizar cualquier tipo de cuadro de distribución de baja tensión, principal o secundario, hasta 3200 A en entornos terciarios o industriales. La totalidad de los accesorios de adaptación de la aparamenta principal y auxiliar serán estandarizados y de la misma fabricación que los componentes principales. Todos los componentes eléctricos serán fácilmente accesibles.

**Envolvente metálica.** La estructura del cuadro será metálica de concepción modular ampliable, formada por kits componibles de amplia configuración. El conjunto de estructura, paneles, bastidores, puertas y resto de componentes deberán responder a todas las exigencias referidas al tipo de instalación, grado de protección, características eléctricas y mecánicas y referencias a normativa (UNE-EN 60439-1). La totalidad de los componentes deberán estar oportunamente tratados y barnizados para garantizar una eficaz resistencia a la corrosión.

**Sistemas de barras.** La naturaleza y sección de los juegos de barras se calcularán en función de la intensidad permanente y de cortocircuito previstas, la temperatura ambiente (35 °C según UNE-EN 60439-1) y el grado de protección de la envolvente. Las barras serán de cobre con un tratamiento de la superficie (anodización) y una preparación de la superficie de contacto. Su disposición deberá favorecer la disipación térmica. Se respetarán las distancias mínimas de aislamiento calculadas en función de la tensión asignada de aislamiento o de empleo y del lugar de utilización (UNE- EN 60439-1).

**Conductor de protección (PE):** Dimensionado y fijado en el cuadro para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos de la corriente de defecto. **Conductor de neutro y protección (PEN):** Se dispondrá únicamente si así se establece en las condiciones de proyecto. Estos conductores cumplirán la norma UNE-EN 60439.

El número y separación de los soportes se definirá en función de la corriente de cortocircuito prevista y del peso y posición de las barras. Estarán contruidos con materiales magnéticos para evitar el calentamiento debido a los efectos de bucle alrededor de los conductores y garantizarán la sujeción de los juegos de barras.

**Disposición de la aparamenta.** Comprobación de las limitaciones de calentamiento (UNE-EN 60439-1). La disposición de los aparatos se realizará de forma que se limiten las condiciones de calentamiento del conjunto de la aparamenta instalada, facilitando las prestaciones de los

aparatos respetando la temperatura de referencia. La disipación de calor se realizará por convección natural o por ventilación forzada.

Conexiones de los cables y canalizaciones eléctricas prefabricadas. Las unidades funcionales deberán tener en cuenta los volúmenes de conexión con independencia de la posición del interruptor. La conexión de canalizaciones eléctricas prefabricadas al cuadro se hará mediante soluciones ensayadas.

Perímetros de seguridad. Se respetarán las zonas de seguridad entre aparatos y las distancias respecto a elementos circundantes definidas por el fabricante para garantizar el correcto funcionamiento. Se recomienda la utilización sistemática de cubre bornas para reducir las distancias.

Aparamenta sobre puerta. Su instalación no debe reducir el IP de origen. En el caso de que las piezas móviles metálicas (puertas, paneles, tapas pivotantes) que soporten componentes eléctricos no sean de clase 2, es obligatoria la conexión a masa.

Conexión de potencia. Según la configuración del cuadro, la conexión de los aparatos de potencia podrá realizarse mediante barras o cables. Estas conexiones estarán lo suficientemente dimensionadas para soportar los esfuerzos eléctricos y térmicos. Se situarán dispositivos de embriado para evitar esfuerzos mecánicos excesivos en los polos de los aparatos.

Embarrados de transferencia horizontal. Normalmente tendrán una sección superior a la del juego de barras principal para evitar calentamientos en los puntos de conexión y el decalaje debido a la orientación de las barras (de canto o planas).

Conexión directa por barras. Cumplirán las condiciones de calidad del fabricante: Embriados mediante soportes aislantes. Conexión entre si de las barras de una misma fase. Decalajes. Espacios necesarios. Taladrado y punzonado. Plegado. Preparación de las superficies de contacto. Tornillería de conexión. Presión de contacto. Par de apriete. Conexión mediante barras flexibles.

Conexión mediante cables. La sección de los cables deberá ser compatible con la intensidad que va a circular y la temperatura ambiente alrededor de los conductores. Los cables a utilizar serán del tipo flexible o semirrígido U 1000 (aislamiento de 1000 V). Los terminales serán de tronco abierto para poder controlar el engrane del cable. La conexión, borneros de distribución, recorrido y embriado de los cables cumplirán las condiciones de calidad del fabricante.

La conexión eléctrica de las unidades funcionales cumplirá las normas UNE-EN 60439.

Circuitos auxiliares y de baja potencia. Dentro de las envolventes, los cables de los circuitos auxiliares y de baja potencia deberán circular libremente en los brazaletes o canaletas que garantizarán su protección mecánica y ventilación. Las bornas de conexión intermedia quedarán instaladas fuera de los conductos del cableado. La configuración del armario deberá posibilitar la colocación horizontal y vertical de las canaletas optimizando el recorrido del cableado. El paso de los cables hacia la puerta se llevará a cabo mediante una manguera que evite que se puedan provocar daños mecánicos en los conductores con el movimiento de paneles o puertas.

Etiquetado e identificación. La identificación de los cuadros y aparatos cumplirán las normas UNE-EN 60439-1 y UNE-EN 60617. La placa de características de los cuadros deberá indicar los datos del cuadrista y la identidad del cuadro, edificio y proyecto.

Las características eléctricas del cuadro como la tensión, la intensidad, la frecuencia, la resistencia a las lcc, el régimen de neutro, etc. o las características mecánicas como la masa del cuadro, el grado de protección, etc. deberán aparecer en los documentos constructivos suministrados al cliente.

La identificación de los conductores cumplirá las normas UNE-EN 60446.

#### 4.4 Unidades funcionales

Cumplirán las condiciones que se establecen en las especificaciones técnicas correspondientes: Interruptores automáticos compactos (SBA02). Interruptores automáticos de bastidor (SBA03). Aparatación modular (SBA10). Aparatación de control industrial (SBA20).

#### 4.5 Ensayos eléctricos

Se efectuarán en taller de acuerdo con el protocolo establecido. Básicamente: Conformidad de ejecución con respecto a planos, nomenclatura y esquemas. Número, naturaleza y calibres de los aparatos. Conformidad del cableado. Identificación de los conductores. Comprobación de las distancias de aislamiento y grado de protección. Funcionamiento eléctrico (relés, medida y control, enclavamientos mecánicos y eléctricos, etc.). Ensayo dieléctrico. Pantallas de protección contra los contactos directos e indirectos en las partes en tensión. Acabado.

La declaración de conformidad del equipo es responsabilidad del cuadrista que deberá establecer el informe técnico que demuestra dicha conformidad, aportando todas las pruebas realizadas según un sistema de cuadros ensayados de acuerdo con la norma UNE-EN 60439-1.

#### 4.6 Embalaje, manipulación y transporte

**Embalaje.** Estará condicionado por los aspectos siguientes: Peso del cuadro. Entorno en el que se va a almacenar (temperatura, humedad, intemperie, polvo, choques, etc.). Duración del almacenamiento. Procesos de manipulación (carretilla elevadora, grúa, etc.). Tipo y condiciones del transporte utilizado (camión, contenedor, etc.). Fragilidad (vidrio). Sensibilidad a la humedad. Posicionamiento.

El embalaje deberá ser compatible con el sistema de manipulación utilizado (puntos de eslingado, travesaños de manipulación, etc.).

**Manipulación y transporte.** Se verificarán a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los distintos elementos se realizará de forma que evite exponer los equipos a abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los armarios.

Normalmente la manipulación se realizará armario a armario. En caso de armarios yuxtapuestos que no puedan dissociarse se comprobará la calidad de las conexiones mecánicas entre ellos y se utilizará una viga de suspensión. En el caso de utilizarse grúas o puentes rodantes que necesiten una sujeción por la parte superior se utilizarán eslingas resistentes. El enganche se deberá realizar sobre los cáncamos de elevación propios del armario colocados según recomendación del fabricante.

Si los equipos no se instalan ni se ponen en funcionamiento de inmediato se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

#### 4.7 Montaje y puesta en servicio

Se seguirán obligatoriamente las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el esquema de conexión y regulación previsto. En especial las referidas a la unión eléctrica de los conductores activos y de protección, el enlace mecánico entre elementos, los sistemas de soportación y las conexiones extremas.

En condiciones de servicio, los cuadros eléctricos constituirán una instalación eléctrica segura basada en un buen ensamble entre las unidades funcionales y el sistema de distribución de la corriente. Las operaciones de mantenimiento, realizadas con el cuadro sin tensión, deberán ser rápidas y cómodas, facilitadas por un acceso total a la aparamenta. La seguridad para el usuario quedará garantizada por las tapas de protección de la aparamenta y las protecciones internas adicionales (compartimentación, pantallas) que permitirán realizar las formas 2 o 3 y dar protección contra los contactos directos de las partes activas.

### 5. Pequeño material eléctrico

Mecanismos modulares para funciones de mando, protección, toma de corriente y control de circuitos y receptores en instalaciones domésticas y de distribución terminal terciaria. Cumplirán las especificaciones del REBT. Instrucciones técnicas complementarias (ITC).

#### 5.1 Normas

Cumplirán la normativa siguiente: UNE-EN 60669-1 y las Directivas de BT y CEM (mando); UNE-EN 60898 y UNE-EN 61009-1 (protección); UNE 20315 (tomas de corriente); EN 60669-2-1 (regulación) y EN 60669-2-3 (temporización).

Unidades funcionales

Básicamente las siguientes:

- Mecanismos de mando.
- Protección magnetotérmica y diferencial.
- Bases portafusibles modulares.
- Tomas de corriente.
- Mecanismos de regulación.
- Interruptores temporizados.
- Interruptores horarios programados.
- Detectores de movimiento.
- Señalización y balizado.
- Otros componentes modulares.

**Mecanismos de mando.** Encendido y apagado de circuitos con cargas resistivas, inductivas y pequeños motores (lámparas incandescentes, fluorescentes y transformadores, electrodomésticos, gobierno de tomas de corriente, etc.). Características: 250V; 10, 16, 20, 25 y 32A.

**Protección magnetotérmica y diferencial.** Utilizados como medida adicional a la protección de cabecera (baños, cocinas, lavaderos, aparatos electrónicos, etc.). Características: 230V; 6, 10 y 16A. Poder de corte: 1500/3000A.

**Bases portafusibles modulares.** Bases seccionables o interruptores portafusibles modulares para la protección de líneas en circuitos con elevada corriente de cortocircuito. Características: Tensión: 250 V. Intensidad: 10 y 16. A. Tamaño: 6x32.

**Tomas de corriente.** Alimentación de electrodomésticos, aparatos de iluminación, electrónicos, etc.). Posibilidad de incorporar protección infantil. Características: 250V; 10/16A. Resistencia de aislamiento: > 5M $\Omega$  a 500V. Rigidez dieléctrica: > 2000V.

**Mecanismos de regulación.** Funciones:

- Interruptor. Regulación de lámparas incandescentes y halógenas. Características: 230V; 40-300W.
- Interruptor-conmutador. Regulación de lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Características: 230V; 40-300W/VA.
- Interruptor de pulsación. Regulación de lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Características: 230V; 40-500W/VA.
- Interruptor. Regulación de cargas resistivas e inductivas: lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador convencional, ventiladores, motores monofásicos, etc. Características: 230V; 40-1000VA (iluminación), 60-600W (motores).

**Interruptores temporizados.** Encendido por pulsación de la carga y desconexión automática programada. Características: 230V/8A. Temporización: 2 seg. a 12 min.

**Interruptores horarios programados.** Control de cargas según un horario programado. Visualización en pantalla. Características: 230V; 1200W/1000VA. Máximo número de intervalos: 28 (56 conmutaciones On/Off). Duración intervalo: mínimo 1 min.

**Detectores de movimiento.** Encendido de las cargas que gobierna cuando se produce un movimiento dentro del campo de acción del sensor. Apto para lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Desconexión según tiempo ajustado. Encendido y apagado gradual. Características: 230V; 40-500W/VA. Posibilidades de incorporar tarjeta temporizada. Modos:

- OFF: Desconexión permanente de la carga.
- ON: Conexión permanente de la carga
- AUT: Conexión según detección y luminosidad

**Señalización y balizado.** Funciones:

- Piloto de señalización. Señalización de estado de cargas (On/Off), habitaciones o salas. Incorpora lámpara de neón 220V.
- Piloto de balizado autónomo. Alumbrado de emergencia en caso de fallo del suministro eléctrico (pasillos, escaleras, locales, etc.). Alimentación: 230V. Carga de baterías: 24h. Autonomía: 1h. Vida batería: 500 ciclos. Vida lámpara: 400h. Luminosidad con difusor: 45lux/25cm.
- Sistema de balizado autónomo. Alumbrado de emergencia centralizado dotado de un sistema de telemando. Características técnicas definidas en proyecto. Función telemando:
  - Puesto en reposo con la red eléctrica ausente y pilotos en estado de emergencia: Posición de los pilotos en Off/On mediante pulsación manual.
  - Test de conmutación y autonomía con la red eléctrica presente sin tener que desconectar la alimentación: Pilotos en modo emergencia (On) o en estado de alerta (Off) mediante pulsación manual.

**Otros componentes modulares. Funciones:**

- Zumbador. Llamada de entrada en viviendas, oficinas o comercios o señal de alerta en sistemas de alarmas técnicas en funcionamiento intermitente.
- Timbre electrónico. Llamada de entrada en viviendas, oficinas, etc. cuando se requiere diferenciar entre las llamadas del exterior y las llamadas de servicio interior (ej.: portería).
- Minutereros. Cierre y apertura de un contacto según un tiempo determinado.
- Teclado codificado. Interruptor o pulsador activado por teclado codificado con contacto de salida libre de potencial. La conexión- desconexión de la carga se realiza insertando un código de usuario de
- dígitos a través del teclado. El tiempo máximo entre dígitos no podrá superar un tiempo límite. Indicador luminoso de estado.
- Funciones con llave. Interruptor o pulsador con enclavamiento de llave. Llave extraíble en posición de reposo
- Interruptor de tarjeta temporizado. Desconexión temporizada de circuitos de iluminación, electrodomésticos, aparatos electrónicos, etc. Especialmente indicado para habitaciones de hotel.
- Receptores infrarrojos. Para mando individual de fuentes luminosas o equipos eléctricos. Control por medio de una señal de infrarrojos procedente de un emisor. Mandos: Interruptor. Regulador de tensión. Pulsador. Interruptor para persiana (motores).
- Termostatos de ambiente. Control de funcionamiento de aparatos y de temperaturas del ambiente. Programables.
- Emisores. Teclas y funciones: LED emisor y piloto LED. Tecla Off (apagado o paro general). Teclas de escena. Conmutador de grupo. Tecla de programación. Conmutador de dirección. Etiqueta de dirección.

## 5.2 Accesorios y sistemas de instalación

Básicamente constituidos por:

- Bastidores.
- Marcos.
- Cajas empotrables.
- Cajas de superficie.
- Contenedores estancos de superficie.
- Etiquetado e identificación

**Bastidores.** Deberán permitir el encliquetado de los mecanismos, tanto en posición horizontal como vertical y el enlace con los bastidores adyacentes. Estarán dotados de colisos para la fijación mediante tornillos a caja o pared. Material: Zamak (aleación de zinc y aluminio). Normas: UNE-EN 60669-1 y UNE 20315.

**Marcos.** Para cajas tipo universal. Material: Termoplásticos reciclables auto extingüibles de gran resistencia al impacto. Normas: UNE-EN 60669-1 y UNE 20315.

**Cajas empotrables.** Tipo universal. Estarán dotadas de pretroqueles laterales y al fondo de la caja para la entrada de cables sin necesidad de taladro. Los bastidores se fijarán mediante clipeado. Material: termoplásticos resistentes al calor anormal y al fuego, libre de halógenos y de alta resistencia al impacto.

**Cajas de superficie.** Para marcos universales. Estarán dotadas de ventanillas laterales extraíbles para la entrada de cables. Los bastidores se fijarán mediante clipeado. Material: termoplásticos resistentes al calor anormal y al fuego, libre de halógenos y de alta resistencia al impacto.

**Contenedores estancos de superficie.** Contenedor estanco monobloc para mecanismos con sistema de encliquetado. Entrada de cables por membrana ajustable o mediante accesorio roscado. Nivel de estanqueidad: IP55. Resistencia al impacto: IK07. Normas: UNE 20324 y UNE 50102.

**Etiquetado e identificación.** Los mecanismos incorporaran la información normativa: identificación del producto; tensión y frecuencia de línea; intensidad nominal; rango de carga; esquema de conexionado.

### 5.3 Ensayos eléctricos

Se efectuarán en fábrica de acuerdo con el protocolo establecido. Básicamente: Conformidad de construcción respecto a normativa. Funcionamiento mecánico y eléctrico. Ensayo dieléctrico. Acabado.

### 5.4 Manipulación y transporte

Se verificarán a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación se realizará de forma que evite exponer los componentes a impactos.

Si las unidades no se instalan de inmediato se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

### 5.5 Montaje y puesta en servicio

Se seguirán obligatoriamente las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el esquema de conexión previsto. En especial las referidas a un buen ensamble entre los distintos elementos, la conexión eléctrica de los conductores activos y de protección y los sistemas de fijación.

## 6. LEDs adosables o suspendidos

Se ajustarán a normas en lo que hace referencia a su composición, montaje, señalización, rendimiento y ensayos. Cumplirán las condiciones que establece el REBT (ITC-BT-44).

### 6.1 Normas

Cumplirán con lo especificado en la UNE-EN 60598.

Los componentes cumplirán la normativa siguiente: Reactancias electrónicas (UNE-EN 55015, UNE-EN 60928, UNE-EN 60929, UNE-EN 61000-3-2 y UNE-EN 61547). Casquillos (UNE-EN 60061). Portalámparas (UNE-EN 60838). Lámparas fluorescentes de un casquillo (UNE-EN 60901 y UNE-EN 61199). Cable (UNE 21031).

### 6.2 Ensayos eléctricos

Se realizarán en fábrica según el protocolo establecido. Se verificará la conformidad de construcción respecto a normativa: funcionamiento eléctrico y mecánico, grado de protección y acabado.

La declaración de conformidad del fabricante deberá aportar la totalidad de las pruebas y resultados obtenidos, de acuerdo con la norma UNE-EN 60598.

### 6.3 Etiquetado e identificación

Los equipos incorporarán la información normativa: identificación del producto; tensión y frecuencia de línea; intensidad nominal; potencia máxima; esquema de conexionado.

### 6.4 Manipulación y transporte

Se verificarán a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación se realizará de forma que evite exponer los componentes a roturas. Si las unidades no se instalan de inmediato se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

### 6.5 Montaje y puesta en servicio

Se seguirán obligatoriamente las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el esquema de conexión previsto. En especial las referidas a un buen ensamble entre los distintos elementos, la conexión eléctrica de los conductores activos y de protección y los sistemas de fijación.

### 6.6 Puesta a tierra

Se establece para limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan llegar a presentar las masas metálicas; asegurar la actuación efectiva de las protecciones y eliminar o disminuir el riesgo que comporta algún tipo de defecto en el material utilizado. Deberán garantizar que en el conjunto de las instalaciones de un edificio no se generan diferencias de potencial de riesgo y permitir el paso a tierra de corrientes de descarga o de falta. Cumplirán las condiciones que especifica el REBT (ITC-BT-18).

### 6.7 Normas

Cumplirá las condiciones que establece la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE).

### 6.8 Tomas de tierra

Según especificaciones de proyecto. Deberán cumplir los condicionantes que se exponen para cada sistema. Los valores de resistencia eléctrica y los plazos de estabilidad deberán alcanzar los niveles requeridos de proyecto

**Placas-estrella, planchas o similares.** Requerirán de una abertura en forma de pozo o zanja de 2 a 3 m<sup>3</sup> y relleno mediante tierra vegetal y otros aditivos para disminuir la resistividad del terreno (tratamiento Ledoux).

**Jabalinas o picas convencionales.** Construidas en Fe/Cu o Fe galvanizado. La introducción se hará por hincado. La configuración será redonda, de alta resistencia, asegurando una máxima rigidez para facilitar su introducción en el terreno, evitando deformaciones debido a la fuerza de los golpes. Diámetro mínimo: de 19 mm. Longitud: 2 metros.

**Electrodos de grafito rígido.** De larga durabilidad. Conformado por un electrodo en forma de ánodo, constituido enteramente por grafito y un activador-conductor de relleno para la mejora de la intimación con el terreno.

**Picas de zinc.** Para la protección catódica contra la corrosión de los sistemas de puesta a tierra construidos por conductores de acero galvanizado. Se presentarán con saco relleno de activador-conductor en base bentonítica.

**Electrodos de picron.** Para puestas a tierra profundas, terrenos pantanosos, niveles freáticos altos o ambientes marinos. Duración ilimitada. Instalados en perforaciones verticales o directamente depositados sobre sedimentos marinos. Tubular de acero desde 160mm de diámetro y profundidad de 3m. Activador- conductor de relleno.

#### 6.9 Conducciones enterradas

Estarán constituidas por un anillo que seguirá el perímetro del edificio y una serie de conducciones uniendo todas las conexiones de puesta a tierra del edificio y conectadas al anillo en ambos extremos (IEP-4). Los conductores desnudos enterrados en el suelo se consideran forman parte del electrodo de puesta a tierra. Las características de estos conductores se definen en proyecto.

#### 6.10 Conductores de tierra

La sección de estos conductores deberá satisfacer las condiciones que se establecen en la ITC-BT-18. Tabla 1 (cables enterrados) y Tabla 2 (cables en superficie).

#### 6.11 Bornes de puesta a tierra

Para la conexión de los dispositivos del circuito de puesta a tierra será necesario disponer de bornes o elementos de conexión que garanticen una unión perfecta teniendo en cuenta que los esfuerzos dinámicos y térmicos en caso de cortocircuito son muy elevados.

#### 6.12 Conductores de protección

La sección de estos conductores será la indicada en la Tabla 2 (Relación entre la sección de los conductores de protección y los de fase) o se obtendrá por cálculo conforme a lo indicado en la norma UNE 20460-5-54. apartado 543.1.1.

#### 6.13 Condiciones generales

El recorrido de los conductores de tierra será lo más corto posible y sin cambios bruscos de dirección. No quedarán sometidos a esfuerzos mecánicos y estarán protegidos contra la corrosión y desgaste mecánico.

Los circuitos de puesta a tierra formarán una línea eléctricamente continua en la que no podrán incluirse masas ni elementos metálicos, cualesquiera que sean estos. Las conexiones finales se harán siempre por derivación del circuito principal.

Los conductores deberán tener un buen contacto eléctrico, tanto en la unión con las partes metálicas y masas como con el electrodo. La conexión del conductor se efectuará por medio de piezas de empalme de uso específico que deberán garantizar una conexión efectiva. La fijación del conductor se hará por medio de tornillería, elementos de compresión, remaches o soldaduras de alto punto de fusión.

Si en una instalación existen tomas de tierras independientes se mantendrá entre los conductores y electrodos de tierra una separación y aislamiento apropiada a las tensiones susceptibles de aparecer en caso de falta.

## 7. Condiciones revisión y mantenimiento

### 7.1 Mantenimiento y garantía

La Empresa adjudicataria garantizará por un año el correcto funcionamiento de todos los dispositivos e instalación del Sistema, ante un mal funcionamiento derivado de defectos de los materiales o de la realización de la misma.

Independientemente de esta garantía, la Empresa adjudicataria podrá, a la entrega de la instalación, suscribir un contrato de mantenimiento, por lo que en la presentación de la oferta deberá describir y evaluar su propuesta concreta de mantenimiento, así como la lista de repuestos, para un año, que considere necesarios.

El año mínimo de garantía, se entiende a partir de la recepción definitiva de la instalación.

### 7.2 Acabados y remates finales

Antes de la aceptación de la obra por parte de la Dirección Técnica, el Contratista tendrá que realizar a su cargo y sin costo alguno para la Propiedad cuanto se expone a continuación:

- La reconstrucción total o parcial de equipos o elementos deteriorados durante el montaje.
- Limpieza total de canalizaciones, equipos, cuadros y demás elementos de la instalación.
- Evacuación de restos de embalajes, equipos y accesorios utilizados durante la instalación.
- Protección contra posibles oxidaciones en elementos eléctricos o sus accesorios (bandejas, porta cables, etc.) situados en puntos críticos, o en período de oxidación.
- Ajuste de la regulación de todos los equipos que lo requieran.
- Letreros indicadores, placas, planos de obra ejecutada y demás elementos aclaratorios de funcionamiento.

### 7.3 Pruebas de puesta en marcha

Independientemente de las pruebas de puesta en marcha específicas que para algunas instalaciones especiales puedan haber quedado ya recogidas en apartados anteriores de este Pliego, deberán realizarse las siguientes:

- Prueba con las potencias demandadas calculadas, de las instalaciones de alumbrado y fuerza.
- Prueba del correcto funcionamiento de todas las luminarias.
- Prueba de existencia de tensión en todas las bases de enchufe y tomas de corriente.
- Prueba del correcto funcionamiento de todos los receptores conectados a la instalación de fuerza.
- Medida de la resistencia de aislamiento de los tramos de instalación que se considere oportuno.
- Medida de la resistencia a tierra en los puntos que se considere oportuno.

En todo caso, las pruebas reseñadas deberán realizarse en presencia de la Dirección Técnica y siguiendo sus instrucciones. Para ello el Instalador deberá disponer el personal, medios auxiliares y aparatos de medida precisos.

Será competencia exclusiva de la Dirección Técnica determinar si el funcionamiento de la instalación o las mediciones de resistencia son correctos y conformes a lo exigido en este Pliego y las reglamentaciones vigentes, entendiéndose que en caso de considerarlos incorrectos el Instalador queda obligado a subsanar las deficiencias sin cargo adicional alguno para la Propiedad.

#### 7.4 Inspecciones

La Dirección de Obra podrá solicitar cualquier tipo de Certificación Técnica de materiales y/o montajes. Asimismo, podrán realizar todas las revisiones o inspecciones que consideren oportunas, tanto en el edificio, como en los Talleres, Fábricas, Laboratorios u otros lugares, donde el Instalador se encuentre realizando trabajos correspondientes a esta instalación. Las mencionadas inspecciones pueden ser totales o parciales, según los criterios que la Dirección de Obra dictamine al respecto para cada caso.

#### 7.5 Calidades

Cualquier elemento, máquina, material y, en general, cualquier concepto en el que pueda ser definible una calidad, ésta será la indicada en el Proyecto, bien determinada por una marca comercial o por una especificación concreta. Si no estuviese definida una calidad, la Dirección de Obra podrá elegir la que corresponda en el Mercado a niveles considerados similares a los del resto de los materiales especificados en Proyecto. En este caso, el Instalador queda obligado, por este Pliego de Condiciones Técnicas, a aceptar el material que le indique la Dirección de Obra.

Si el Instalador propusiese una calidad similar a la especificada en Proyecto, corresponde exclusivamente a la Dirección de Obra definir si ésta es o no similar. Por tanto, toda marca o calidad que no sea la específicamente indicada en el Documento de medición y presupuesto o en cualquier otro Documento del Proyecto deberá haber sido aprobada por escrito por la Dirección de Obra previamente a su instalación, pudiendo ser rechazada, por tanto, sin perjuicio de ningún tipo para la propiedad, si no fuese cumplido este requisito.

Todos los materiales y equipos deberán ser productos normalizados de catálogo de Fabricantes dedicados con regularidad a la fabricación de tales materiales o equipos y deberán ser de primera calidad y del más reciente diseño del Fabricante que cumpla con los requisitos de estas especificaciones y la normativa vigente. Salvo indicación expresa escrita en contrario por la Dirección de Obra, no se aceptará ningún material y/o equipo cuya fecha de fabricación sea anterior, en 9 meses o más, a la fecha de Contrato del Instalador.

Todos los componentes principales de equipos deberán llevar el nombre, la dirección del Fabricante y el modelo y número de serie en una placa fijada con seguridad en un sitio visible. No se aceptará la placa del agente distribuidor. En aquellos equipos en los que se requiera placa o timbre autorizados y/o colocados por la Delegación de Industria o cualquier otro Organismo Oficial, será competencia exclusiva del Instalador procurar la correspondiente placa y abonar cualquier Derecho o Tasa exigible al respecto.

Durante la obra, el Instalador queda obligado a presentar a la Dirección de Obra cuantos materiales o muestras de los mismos le sean solicitados. En el caso de materiales voluminosos, se admitirán catálogos que reflejen perfectamente las características, terminado y composición de los materiales de que se trate.

## 7.6 Seguridad

Durante la realización de la obra se estará de acuerdo en todo momento con el "Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo" y, en general, con todas aquellas normas y ordenanzas encaminadas a proporcionar el más alto grado de seguridad, tanto al personal, como al público en general.

El Instalador efectuará a su cargo el plan de seguridad y el seguimiento correspondiente a sus trabajos, debiendo disponer de todos los elementos de seguridad, auxiliares y de control exigidos por la Legislación vigente. Todo ello con la debida coordinación en relación al resto de la obra, por lo que será preceptiva la compatibilidad y aceptación de este trabajo con el plan de seguridad general de la obra y, en cualquier caso, deberá contar con la conformidad de la Dirección Técnica responsable en obra de esta materia y el Contratista general. En cualquier caso, queda enterado el Instalador, por este Pliego de Condiciones Técnicas, que es de su total responsabilidad vigilar y controlar que se cumplen todas las medidas de seguridad descritas en el plan de seguridad, así como las normas relativas a montajes y otras indicadas en este apartado.

El Instalador colocará protecciones adecuadas en todas las partes móviles de equipos y maquinaria, así como barandillas rígidas en todas las plataformas fijas y/o móviles que instale por encima del suelo, al objeto de facilitar la correcta realización de las obras de su competencia.

Todos los equipos y aparatos eléctricos usados temporalmente en la obra serán instalados y mantenidos de una manera eficaz y segura e incluirán su correspondiente conexión de puesta a tierra. Las conexiones a los cuadros eléctricos provisionales se harán siempre con clavijas, quedando prohibida la conexión con bornes desnudos.

## 8. Documentación

### 8.1 Documentación gráfica

A partir de los planos del Proyecto es competencia exclusiva del Instalador preparar todos los planos de ejecución de obra, incluyendo tanto los planos de coordinación, como los planos de montaje necesarios, mostrando en detalle las características de construcción precisas para el correcto montaje de los equipos y redes por parte de sus montadores, para pleno conocimiento de la Dirección de Obra y de los diferentes oficios y Empresas Constructoras que concurren en la edificación. Estos planos deben reflejar todas las instalaciones en detalle al completo, así como la situación exacta de bancadas, anclajes, huecos, soportes, etc.

El Instalador queda obligado a suministrar todos los planos de detalle, montaje y planos de obra en general, que le exija la Dirección de Obra, quedando este trabajo plenamente incluido en su Oferta.

Estos planos de obra deben realizarse paralelamente a la marcha de la obra y previo al montaje de las respectivas instalaciones, todo ello dentro de los plazos de tiempo exigidos para no entorpecer el programa general de construcción y acabados, bien sea por zonas o bien sea general. Independientemente de lo anterior, el Instalador debe marcar en obra los huecos, pasos, trazados y, en general, todas aquellas señalizaciones necesarias, tanto para sus montadores, como para los de otros oficios o Empresas Constructoras.

Es, asimismo, competencia del Instalador, la presentación de los escritos, Certificados, visados y planos visados por el Colegio Profesional correspondiente, para la Legalización de su instalación

ante los diferentes entes u Organismos. Estos planos deberán coincidir sensiblemente con lo instalado en obra.

Asimismo, al final de la obra el Instalador queda obligado a entregar los planos de construcción y los diferentes esquemas de funcionamiento y conexionado necesarios para que haya una determinación precisa de cómo es la instalación, tanto en sus elementos vistos, como en sus elementos ocultos. La entrega de esta Documentación se considera imprescindible previo a la realización de cualquier recepción provisional de obra.

Cualquier Documentación gráfica generada por el Instalador sólo tendrá validez si queda formalmente aceptada y/o visada por la Dirección de Obra, entendiéndose que esta aprobación es general y no releva de ningún modo al Instalador de la responsabilidad de errores y de la correspondiente necesidad de comprobación y adaptación de los planos por su parte, así como de la reparación de cualquier montaje incorrecto por este motivo.

## 8.2 Documentación final de obra

Previo a la recepción de las instalaciones, cada Instalador queda obligado a presentar toda la Documentación de Proyecto, ya sea de tipo Legal y/o Contractual, según los Documentos de Proyecto y conforme a lo indicado en este Pliego de Condiciones. Como parte de esta Documentación, se incluye toda la Documentación y Certificados de tipo Legal, requeridos por los distintos Organismos Oficiales y Compañías Suministradoras.

En particular, esta Documentación se refiere a lo siguiente:

- Certificados de cada instalación, presentados ante la Delegación del Ministerio de Industria y Energía. Incluye autorizaciones de suministro, boletines, etc.
- Idem ante Compañías Suministradoras.
- Protocolos de pruebas completos de las instalaciones (original y copia).
- Manual de instrucciones (original y copia), incluyendo fotocopias de catálogo con instrucciones técnicas de funcionamiento, mantenimiento y conservación de todos los equipos de la instalación.
- Libro oficial de mantenimiento Legalizado.
- Proyecto actualizado (original y copia), incluyendo planos *as-built* de las instalaciones.
- Libro del edificio Legalizado.

Como parte de la Documentación que debe entregar el Instalador, durante y al final de la obra, queda incluida toda la información relativa al LIBRO DEL EDIFICIO, de acuerdo a lo estipulado por la Ley y según requiera, en todo caso, la Dirección Facultativa. Esta Documentación se refiere a planos *as-built*, normas e instrucciones de conservación y mantenimiento de las instalaciones, definición de las calidades de los materiales utilizados, así como su garantía y relación de Suministradores y normas de actuación en caso de siniestro o situaciones de emergencia.



# **Estado de mediciones y presupuesto**



## 1. Estado de mediciones

En este apartado se va a realizar una medición de las cantidades necesarias de cada uno de los componentes necesarios para llevar a cabo este proyecto.

### 1.1. Medición material

Descripción	Unidades
CoreLine Highbay Gen5 BY120P G5 LED105S/840 PSU WB	12
AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 1,5 mm <sup>2</sup>	294,5
Tubo PVC	98,2
Caja conexión estanca IP55	15

### 1.2. Presupuesto instalación

Descripción	Trabajadores	Días
Instalación	2	2

## 2. Presupuesto

En este apartado, se va a detallar el coste de los materiales y los trabajos descritos en la sección anterior.

### 2.1. Presupuesto material

Descripción	Precio unitario	Unidades	Total
CoreLine Highbay Gen5 BY120P G5 LED105S/840 PSU WB	266,09 €	12	3.193,09 €
AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 1,5 mm <sup>2</sup>	0,31 €	294,5	91,30 €
Tubo PVC	1,03 €	98,2	101,15 €
Caja conexión estanca IP55	1,37 €	15	20,55 €
			<b>3.406,09 €</b>

### 2.2. Presupuesto instalación

Descripción	Trabajadores	Precio / día	Días	Total
Instalación luminarias	2	190 €	2	760 €
				<b>760 €</b>

### 2.3. Presupuesto total

<b>Descripción</b>	<b>Total</b>
<b>Total Material</b>	3.406,09 €
<b>Total Instalación</b>	760,00 €
<b>Total</b>	4.166,09 €
<b>Gastos Generales - 7%</b>	291,62 €
<b>Total</b>	4.457,72 €
<b>Beneficio Industrial - 1%</b>	44,57 €
<b>Total</b>	4.502,29 €
<b>IVA - 21%</b>	945,48 €
<b>Total</b>	<b>5.447,77 €</b>

El presupuesto total del proyecto asciende a **CINCO MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON SETENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.**



# **CAPÍTULO III:**

# **Instalación eléctrica de baja tensión**



# Memoria



# Índice

1.	Introducción .....	258
1.1.	Objeto.....	258
1.2.	Alcance .....	258
2.	Antecedentes .....	259
2.1.	Emplazamiento.....	259
2.2.	Empresa suministradora .....	259
2.3.	Reglamentos y normas.....	259
3.	Previsiones de carga.....	259
4.	Instalaciones de enlace .....	260
4.1.	Acometida .....	260
4.2.	Derivación individual.....	260
4.3.	Caja general de protección y medida.....	260
5.	Instalaciones de interior.....	261
5.1.	Cuadro general de distribución.....	261
5.2.	Protecciones.....	261
6.	Cálculos .....	264
6.1.	Línea de derivación individual.....	264
6.2.	Circuitos interiores y líneas de alimentación secundarias .....	266
6.3.	Protecciones.....	268
6.4.	Instalación de puesta a tierra.....	270
7.	Equipos seleccionados .....	272
7.1.	Interruptor general automático .....	272
7.2.	Interruptor diferencial.....	272
7.3.	PIAs.....	273
7.4.	Conductores .....	274
7.5.	Tubos.....	275
7.6.	Bases para las tomas de corriente .....	276
8.	Conexión de la instalación fotovoltaica .....	277
8.1.	Tipo de instalación generadora.....	277
8.2.	Conductores .....	278
8.3.	Protecciones.....	278
8.4.	Puesta a tierra .....	278
9.	Compensación de reactiva .....	279
10.	Conclusiones.....	281

## Índice ilustraciones

<i>Ilustración 1: Esquema para un único usuario.....</i>	<i>259</i>
<i>Ilustración 2: Interruptor general automático.....</i>	<i>271</i>
<i>Ilustración 3: Interruptor diferencial .....</i>	<i>271</i>
<i>Ilustración 4: Magnetotérmico utilizado en los circuitos C.1.1-3. ....</i>	<i>272</i>
<i>Ilustración 5: Magnetotérmico toma de corriente trifásica C.2.1 .....</i>	<i>272</i>
<i>Ilustración 6: Magnetotérmico protección tomas de corriente uso general C.2.2 .....</i>	<i>272</i>
<i>Ilustración 7: Cuadro general con los diferentes circuitos y envolvente.....</i>	<i>273</i>
<i>Ilustración 8: Código de colores IEC 60446.....</i>	<i>273</i>
<i>Ilustración 9: Tubo corrugado una capa libre de halógenos .....</i>	<i>274</i>
<i>Ilustración 10: Tubo rígido del tipo RPVC .....</i>	<i>274</i>
<i>Ilustración 11: Toma corriente monofásica.....</i>	<i>275</i>
<i>Ilustración 12: Toma corriente trifásica.....</i>	<i>275</i>
<i>Ilustración 13: Esquema de conexión de la instalación generadora.....</i>	<i>276</i>
<i>Ilustración 14: Leyenda para instalaciones generadoras .....</i>	<i>276</i>
<i>Ilustración 15: Equipo de compensación de reactiva.....</i>	<i>279</i>
<i>Ilustración 16: Transformador de corriente CIRCUTOR MC1.....</i>	<i>279</i>

## Índice tablas

<i>Tabla 1: Previsión de cargas totales y circuitos.....</i>	<i>258</i>
<i>Tabla 2: Tipo de acometida en función del sistema de instalación (Tabla 1 ITC-BT-11) .....</i>	<i>259</i>
<i>Tabla 3: Protección contra sobreintensidades ITC-BT-22.....</i>	<i>261</i>
<i>Tabla 4: 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 (Tabla 3 ITC-BT-21). .....</i>	<i>263</i>
<i>Tabla 5: Sección mínima del conductor de neutro en función de la sección de los conductores de fase (Tabla 1 ITC-BT-07). .....</i>	<i>264</i>
<i>Tabla 6: Circuitos, conductores y tubos calculados para la iluminación.....</i>	<i>265</i>
<i>Tabla 7: Circuitos, conductores y tubos calculados para las tomas de corriente.....</i>	<i>266</i>
<i>Tabla 8: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores (Tabla 7 ITC-BT-07). .....</i>	<i>266</i>
<i>Tabla 9: Resistividad de los conductores en función del tipo de cortocircuito.....</i>	<i>268</i>
<i>Tabla 10: Reactancia lineal de los conductores en función del tipo de cable y su montaje.....</i>	<i>268</i>
<i>Tabla 11: Valores de ensayo del transformador en función de la potencia aparente. ....</i>	<i>268</i>
<i>Tabla 12: Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo (Tabla 5 ITC-BT 18).....</i>	<i>269</i>
<i>Tabla 13: Valores orientativos de resistividad del terreno (Tabla 4 ITC-BT-18).....</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 14: Valores orientativos de resistividad del terreno (Tabla 3 ITC-BT-18).....</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 15: Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra (tabla 1 ITC-BT-18) .....</i>	<i>270</i>
<i>Tabla 16: Protecciones instaladas y circuitos a los que protege.....</i>	<i>271</i>
<i>Tabla 17: Secciones y longitud de los conductores .....</i>	<i>273</i>
<i>Tabla 18: Diámetros, longitudes y tipo de los tubos.....</i>	<i>274</i>
<i>Tabla 19: Bases de las tomas de corriente.....</i>	<i>275</i>

## Índice ecuaciones

<i>Ecuación 1: Sección del cable .....</i>	<i>170</i>
<i>Ecuación 1: Sección del conductor trifásico.....</i>	<i>263</i>
<i>Ecuación 2: Intensidad trifásica del conductor.....</i>	<i>263</i>
<i>Ecuación 3: Sección del conductor monofásico.....</i>	<i>265</i>
<i>Ecuación 4: Intensidad monofásica del conductor.....</i>	<i>265</i>
<i>Ecuación 5: Resistencia del transformador .....</i>	<i>267</i>
<i>Ecuación 6: Reactancia del transformador .....</i>	<i>267</i>
<i>Ecuación 7: Resistencia del conductor.....</i>	<i>267</i>
<i>Ecuación 8: Reactancia del conductor.....</i>	<i>267</i>
<i>Ecuación 9: Intensidad de cortocircuito máxima .....</i>	<i>267</i>
<i>Ecuación 10 .....</i>	<i>269</i>
<i>Ecuación 11: Calculo de la resistencia de tierra .....</i>	<i>269</i>
<i>Ecuación 12: Potencia de la batería de condensadores. ....</i>	<i>278</i>
<i>Ecuación 13: Potencia de la batería de condensadores. ....</i>	<i>278</i>
<i>Ecuación 14: De la velocidad angular.....</i>	<i>278</i>

# 1. Introducción

## 1.1. Objeto

El objeto del presente proyecto es el diseño y justificación de las soluciones adoptadas para el desarrollo de la Instalación de Baja Tensión para una nave industrial destinada al almacenaje y distribución de bebidas y productos de alimentación.

El estudio abarca desde el Cuadro de Protección y Medida (CPM) hasta los circuitos receptores.

El suministro de energía eléctrica para las instalaciones que constituyen el presente proyecto se llevara a cabo en Baja Tensión, siendo la tensión de cálculo y de distribución 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro, a una frecuencia de 50 Hz.

## 1.2. Alcance

Para conseguir los objetivos que pretende este proyecto, el procedimiento a seguir es el que se explica a continuación:

- Se calculará una previsión de los consumos de la instalación para dimensionar la misma.
- Se realizarán los cálculos para diseñar la instalación a partir de los consumos y siguiendo la normativa aplicable.
- Se elaborará una medición de materiales y un presupuesto económico total, que reflejarán el coste necesario para llevar a cabo el proyecto.

## 2. Antecedentes

### 2.1. Emplazamiento

El edificio donde se realizará la instalación eléctrica se encuentra en Av Pilar, 0015. Forcall (Castelló), con referencia parcela catastral 6534927YL3063S.

La nave consta de una única planta, destinada al almacenamiento de bebidas y productos de alimentación con estanterías. Esta nave tiene una superficie de 402 m<sup>2</sup>, con una altura máxima de la cubierta de 9,02 m.

### 2.2. Empresa suministradora

La empresa suministradora es ELECTRA ENERGIA SAU, con una tensión de 400 V y una frecuencia de 50 Hz.

### 2.3. Reglamentos y normas

Para la redacción de las instalaciones de este proyecto, se han tenido en cuenta las siguientes disposiciones legales:

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión aprobado por decreto 842/2002 de fecha 2 de agosto de 2002 y publicado en el BOE nº224 de fecha 18 de septiembre del 2002.
- Normas UNE de referencia u otras para los materiales que puedan ser objeto de ellas.
- Instrucciones técnicas complementarias del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

## 3. Previsiones de carga

Debido a la actividad de la nave, los consumos serán debidos a la iluminación y al cargador trifásico.

Circuito	Uso	Descripción	Ud	W/ud	Potencia instalada (W)	F <sub>s</sub>	Potencia prevista (W)
C.1.1	Iluminación	Luminaria campana	4	67	268	1	268
C.1.2.	Iluminación	Luminaria campana	4	67	268	1	268
C.1.3	Iluminación	Luminaria campana	4	67	268	1	268
C.2.1	Base 400V	Cargador trifásico HFT 48/100	1	6900	6900	1	6900
C.2.2-7	Base 230V	Tomas de corriente uso general	6	3450	3450	1	3450
							<b>11.154 W</b>

Tabla 27: Previsión de cargas totales y circuitos

Como puede observarse, se prevé una carga total de 11,154 kW.

## 4. Instalaciones de enlace

### 4.1. Acometida

Es la parte de la instalación de la red de distribución, que alimenta la caja o cajas generales de protección o unidad funcional equivalente (CGP). En función de su trazado, sistema de instalación y las características de red, podrán ser:

TIPO	SISTEMA DE INSTALACIÓN
Aéreas	Posada sobre fachada
	Tensada sobre poste
Subterráneas	Con entrada y salida
	En derivación
Mixtas	Aero-Subterráneas

Tabla 28: Tipo de acometida en función del sistema de instalación (Tabla 1 ITC-BT-11)

En esta instalación, la acometida es de tipo aéreo posada sobre fachada. Además, esta parte de la instalación es propiedad de la compañía eléctrica.

### 4.2. Derivación individual

La línea General de alimentación es aquella que enlaza la Caja General de Protección con el cuadro de acometida o centralización de contadores. Al tratarse de un único usuario, tal como se observa en el esquema de la Ilustración 51, la instalación podrá simplificarse al coincidir la CGP y el equipo de medida en la misma envolvente y no existir, por tanto, la línea general de alimentación (LGA). Esta parte de la instalación es propiedad de la compañía distribuidora.

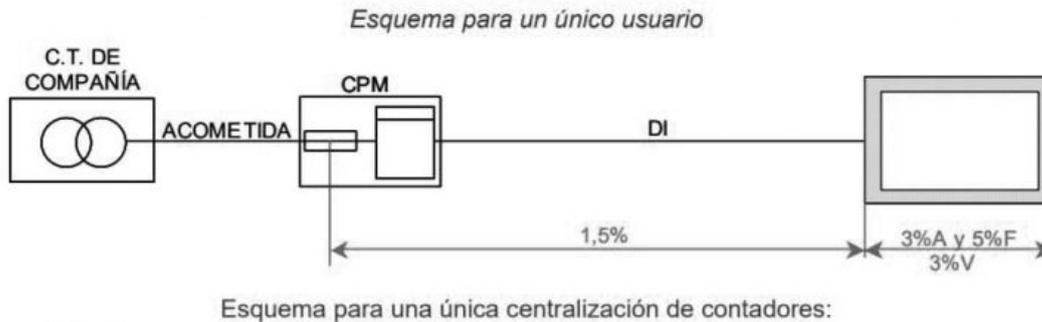


Ilustración 51: Esquema para un único usuario

### 4.3. Caja general de protección y medida

En ella se alojan los elementos de protección de la línea general de alimentación. En el caso de la presente instalación, al ser un suministro a un único usuario y no existir LGA, puede simplificarse este en un único elemento, la CGP y el equipo de medida.

Para este tipo de caja, no se admite el montaje superficial. Los equipos de medida deberán estar instalados a una altura comprendida entre 0,7 y 1,8 m.

La línea de derivación individual enlaza el contador con los dispositivos de mando y protección, y es propiedad del titular. Es la línea de salida de Baja Tensión desde la CPM (Caja de Protección y Medida), que da suministro al cuadro general de distribución. Deben garantizar al menos una IP-43 y un IK 09.

## 5. Instalaciones de interior

### 5.1. Cuadro general de distribución

Los dispositivos generales de mando y protección se situarán lo más cerca posible del punto de entrada de la derivación individual del usuario. Se situará a una altura medida desde el suelo comprendida entre 1,4 y 2 m, en este proyecto a 1,5 m. Se trata de un armario con puerta de cerradura en el que se ubican los dispositivos generales de mando y protección. Este armario se ajustará a las normas UNE 20.451 y UNE-EN 60.439-3, con grado de protección mínimo IP30 según UNE 20.324 e IK07 según UNE-EN 50.102. Dispondrá de una caja de material aislante, precintable y de dimensiones de acuerdo con el tipo de suministro y tarifa a aplicar, y de características y tipo según modelo oficialmente aprobado, para separar el interruptor de control de potencia (ICP) del resto de dispositivos. Las características de los dispositivos generales de mando y protección se describen en la ITC-BT-17 y comprenden los siguientes mecanismos:

- Interruptor de control de potencia.
- Un interruptor general automático de corte omnipolar, que permita su accionamiento manual y que esté dotado de elementos de protección contra sobrecarga y cortocircuitos. Este interruptor será independiente del interruptor de control de potencia. El interruptor general automático de corte omnipolar tendrá poder de corte suficiente para la intensidad de cortocircuito que pueda producirse en el punto de su instalación, de 4.500 A como mínimo.
- Un interruptor diferencial general como mínimo, destinado a la protección contra contactos indirectos.
- Dispositivos de corte omnipolar, destinados a la protección contra sobrecargas y cortocircuitos de los circuitos interiores del edificio.

El cableado del cuadro se realizará con cable no propagador de llama con baja emisión de humos y opacidad reducida, tipos ES07Z1-K y RZ1-K.

### 5.2. Protecciones

#### 5.2.1. Sobreintensidades

Todos los circuitos estarán protegidos contra sobreintensidades que pueden presentarse en un circuito, por lo que la interrupción se debe realizar en un tiempo conveniente. Las protecciones estarán dimensionadas como se explica en el REBT en la ITC-BT-22.

Las sobreintensidades pueden estar motivadas por:

- Sobrecargas debidas a los aparatos de utilización o defectos de aislamiento de gran impedancia.
- Cortocircuitos.
- Descargas eléctricas atmosféricas

a) Protección contra sobrecargas: el límite de intensidad de corriente admisible en un conductor ha de quedar en todo caso garantizada por el dispositivo de protección utilizado. El dispositivo de protección podrá estar constituido por un interruptor automático de corte omnipolar con curva térmica de corte, o por cortacircuitos fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas.

b) Protección contra cortocircuitos: en el origen de todo circuito se establecerá un dispositivo de protección contra cortocircuitos cuya capacidad de corte estará de acuerdo con la intensidad de cortocircuito que pueda presentarse en el punto de su conexión. Se admite, no obstante, que cuando se trate de circuitos derivados de uno principal, cada uno de estos circuitos derivados disponga de protección contra sobrecargas, mientras que un solo dispositivo general pueda asegurar la protección contra cortocircuitos para todos los circuitos derivados. Se admiten como dispositivos de protección contra cortocircuitos los fusibles calibrados de características de funcionamiento adecuadas y los interruptores automáticos con sistema de corte omnipolar.

Circuitos	3 F + N								3 F			F + N		2 F	
	$S_N \geq S_F$				$S_N < S_F$				F	F	F	F	N	F	F
Esquemas	F	F	F	N	F	F	F	N	F	F	F	F	N	F	F
TN – C	P	P	P	-	P	P	P	(1)	P	P	P	P	-	P	P
TN – S	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P	P	-	P	P
TT	P	P	P	-	P	P	P	P (3)(5)	P	P	P (2)(4)	P	-	P	P (2)
IT	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P (3)(6)	P	P	P	P	P (6)(3)	P	P (2)

NOTAS:

P: significa que debe preverse un dispositivo de protección (detección) sobre el conductor correspondiente

$S_N$ : Sección del conductor de neutro

$S_F$ : Sección del conductor de fase

(1): admisible si el conductor de neutro esta protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que recorre el conductor neutro en servicio normal es netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.

(2): excepto cuando haya protección diferencial

(3): en este caso el corte y la conexión del conductor de neutro debe ser tal que el conductor neutro no sea cortado antes que los conductores de fase y que se conecte al mismo tiempo o antes que los conductores de fase.

(4): en el esquema TT sobre los circuitos alimentados entre fases y en los que el conductor de neutro no es distribuido, la detección de sobreintensidad puede no estar prevista sobre uno de los conductores de fase, si existe sobre el mismo circuito aguas arriba, una protección diferencial que corte todos los conductores de fase y si no existe distribución del conductor de neutro a partir de un punto neutro artificial en los circuitos situados aguas abajo del dispositivo de protección diferencial antes mencionado.

(5): salvo que el conductor de neutro esté protegido contra los cortocircuitos por el dispositivo de protección de los conductores de fase y la intensidad máxima que recorre el conductor neutro en servicio normal sea netamente inferior al valor de intensidad admisible en este conductor.

(6): salvo si el conductor neutro esta efectivamente protegido contra los cortocircuitos o si existe aguas arriba una protección diferencial cuya corriente diferencial-residual nominal sea como máximo igual a 0,15 veces la corriente admisible en el conductor neutro correspondiente. Este dispositivo debe cortar todos los conductores activos del circuito correspondiente, incluido el conductor neutro.

Tabla 29: Protección contra sobreintensidades ITC-BT-22

### 5.2.2. Sobretensiones

El REBT en la ITC-BT-23, define la protección de las instalaciones eléctricas interiores contra las sobretensiones transitorias que se transmiten por las redes de distribución y que se originan, fundamentalmente, como consecuencia de las descargas atmosféricas, conmutaciones de redes y defectos en las mismas.

En este proyecto no se van a instalar este tipo de protecciones.

### 5.2.3. Contactos directos

Consiste en tomar las medidas destinadas a proteger las personas contra los peligros que resultan de un contacto con las partes activas de los materiales eléctricos. Se puede considerar que los sistemas pueden estar destinados a:

- Impedir solamente los contactos fortuitos con las partes activas (protección parcial).
- Impedir cualquier tipo de contacto (protección total).
- Facilitar una protección complementaria.

Éstas están previstas para proteger a las personas contra los peligros derivados del contacto directo con partes activas. Se basan en:

- Impedir que la corriente eléctrica atraviese el cuerpo humano.
- Limitar la corriente que puede atravesar el cuerpo humano a una intensidad no peligrosa (< 1mA).

Según el artículo 51 de la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (O.G.S.H.T.), y definidas en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, ITC-BT-21, las medidas pasivas para evitar los contactos directos son las siguientes:

- Recubrimiento o aislamiento de las partes activas.
- Interposición de obstáculos o barreras.
- Separación por distancia.

### 5.2.4. Contactos indirectos

Este tipo de contactos suceden cuando una persona entra en contacto con la masa de toma de tierra, accidentalmente con una tensión.

Para evitarlos, se instalará un dispositivo que desconecte, con la finalidad de impedir que una tensión de contacto de valor suficiente, se mantenga durante un tiempo tal que puede dar como resultado un riesgo. Estos dispositivos son los interruptores diferenciales, que cuando detecta una fuga de corriente provoca la abertura del circuito.

La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales. En ciertas condiciones pueden especificarse valores menos elevados, como por ejemplo, 24 V para las instalaciones de alumbrado público contempladas en la ITC-BT-09, apartado 10.

## 6. Cálculos

A continuación, se procederá a calcular todas las prescripciones relatadas en los puntos del apartado anterior.

### 6.1. Línea de derivación individual

Esta ira dentro de tubo, desde la salida de la CPM hasta llegar al cuadro general de distribución, la cual discurrirá por la cara interior de la pared de 0,4 m de grosor donde se localiza la CPM. La caída de tensión será inferior al 1,5 % máximo permitido según la ITC-BT-15, al ser servicio para un único usuario.

Esta línea será de cable de cobre bajo tubo con aislamiento de 0,6/1KV XLPE, siendo este no propagador de incendio y con emisiones de humos y opacidad reducida. La sección mínima debe ser de 6mm<sup>2</sup> para los cables polares, neutro y protección.

De esta manera, para calcular la sección se deberá tener en cuenta la demanda prevista. La carga prevista, que puede verse en el apartado (Previsiones de carga), es de 11,154 kW.

Al tratarse de tubos en canalizaciones empotradas, estos serán conformes a lo establecido en las normas UNE-EN 50.086 -2-1 para tubos rígidos, y UNE-EN 50.086 -2-2 para tubos curvables. Sus características mínimas serán, las indicadas en la Tabla 30.

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

Tabla 30: 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 (Tabla 3 ITC-BT-21).

La alimentación será trifásica, 400V entre fases y 230V entre fase y neutro. Se dimensionará la sección del conductor para la máxima potencia que se puede llegar a alcanzar, siendo esta de 11,154 kW.

$$S_{ct} = \frac{P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U}$$

Ecuación 25: Sección del conductor trifásico

$$I_c = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi}$$

Ecuación 26: Intensidad trifásica del conductor

Dónde:

- $S_{ct}$  = Sección por caída de tensión.
- $P$  = Potencia demandada prevista (W).
- $L$  = Longitud del circuito (m).
- $\sigma$  = conductividad a la  $t^{\text{a}}$  máxima del cobre en servicio permanente para XLPE.
- $I_c$  = Intensidad del circuito.
- $e$  = máxima caída de tensión (V).
- $U$  = tensión de la línea (V).
- $\cos \varphi$  = factor de potencia de la carga (se considerará de 0,95).

Aplicando la Ecuación 25, para el cálculo de la sección por caída de tensión, considerando la conductividad del cobre a 90°C de 45,49 m / ( $\Omega \cdot \text{mm}^2$ ), se obtiene una sección de 0,04 mm<sup>2</sup>, ya que la longitud del conductor es de únicamente 0,4 m. Por lo tanto, se instalará la sección mínima de 6 mm<sup>2</sup> que marca el REBT.

La intensidad del circuito, aplicando la Ecuación 26, de 16,95 A. Según la norma UNE 20460-5-523:2004 del reglamento de baja tensión, la sección debe cumplir con los criterios de intensidad máxima admisible por sección. Teniendo en cuenta que es un cable unipolar de XLPE, instalado en pared con tubo (tipo C), debemos mirar la columna 9b de la tabla de intensidades admisibles (*Anexos*). Para una sección de 6 mm<sup>2</sup>, el cable es capaz de transportar una corriente de hasta 46A, superior a los 16,95 A que es la intensidad máxima del circuito.

Esta elección cumple los criterios de asignación de sección de un conductor que establece que  $I_c \leq I_N \leq I_{adm}$  quedando de esta manera:

$$16,95 A \leq 32 A \leq 46 A$$

Donde:

- $I_c$  = intensidad del circuito.
- $I_N$  = intensidad nominal de la protección (PIA).
- $I_{adm}$  = intensidad máxima admisible.

El conductor de neutro será de 6 mm<sup>2</sup> de sección. Para seleccionar el conductor de neutro, se sigue la Tabla 31.

Secciones de los conductores de fase o polares de la instalación (mm <sup>2</sup> )	Secciones mínimas de los conductores de protección (mm <sup>2</sup> )
$S \leq 16$	S (*)
$16 < S \leq 35$	16
$S > 35$	S/2

(\*) Con un mínimo de:  
 2,5 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y tienen una protección mecánica  
 4 mm<sup>2</sup> si los conductores de protección no forman parte de la canalización de alimentación y no tienen una protección mecánica

Tabla 31: Sección mínima del conductor de neutro en función de la sección de los conductores de fase (Tabla 1 ITC-BT-07).

Según la ITC-BT-15, en su punto 2 instalación primer párrafo, los diámetros exteriores nominales mínimos de los tubos en derivaciones individuales serán de 32 mm.

## 6.2. Circuitos interiores y líneas de alimentación secundarias

La sección de los conductores se determina de manera que la caída de tensión entre el origen de la instalación, cuadro general de distribución (CGD), y cualquier punto de utilización, sea menor de 5 % para la instalación de fuerza y del 3 % para la del alumbrado, como se indica en la ITC-BT-19.

La alimentación será trifásica, 400 V entre fases y 230 V entre fase y neutro. Los circuitos interiores desinados a alimentar los circuitos de iluminación y a las tomas de corriente sin uso serán monofásicas, y la toma de corriente para el cargador será trifásica.

$$S_{ct} = \frac{2 \cdot P \cdot L}{\sigma \cdot e \cdot U}$$

*Ecuación 27: Sección del conductor monofásico*

$$I_c = \frac{P}{U \cdot \cos \varphi}$$

*Ecuación 28: Intensidad monofásica del conductor*

Las intensidades máximas admisibles de los conductores se han extraído de la Tabla C.52.1 bis adjunta en el Anexos.

### 6.2.1. Circuitos de alumbrado

La iluminación se dividirá en tres circuitos, cada uno de ellos tiene una potencia de 268W, el cual tendrá un conductor de sección 1,5 mm<sup>2</sup> tanto para la fase, el neutro y la tierra.

Se instalará en un tubo de 16 mm de diámetro para estos conductores, tal y como indica la Tabla 34. A continuación, se muestra la Tabla 32 donde aparecen todos los datos y cálculos de cada circuito. Para estos cálculos se ha aplicado la Ecuación 27 y la Ecuación 28.

Esta elección también cumple la siguiente regla:

$$I_c \leq I_N \leq I_{adm}$$

Nº	Circuito	Longitud	Tensión	Cdt	fdp	P(W)	Ic	Sct	Sct, n	Método instalación	I <sub>adm</sub>	Cdt	In protección	Neutro	Tierra	Tubo
		(m)	(V)	(%)				(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )		(A)	(%)		(mm <sup>2</sup> )	(mm <sup>2</sup> )	(mm)
1	Alumbrado															
1.1	Iluminación nave 1	40,2	230	3	0,95	268	1,2	0,25	1,5	B1	20	0,7	16	1,5	1,5	16
1.2	Iluminación nave 2	32,8	230	3	0,95	268	1,2	0,20	1,5	B1	20	0,6	16	1,5	1,5	16
1.3	Iluminación nave 3	25,3	230	3	0,95	268	1,2	0,14	1,5	B1	20	0,4	16	1,5	1,5	16

*Tabla 32: Circuitos, conductores y tubos calculados para la iluminación*

Donde:

- Cdt: Caída de tensión.
- fdp: factor de potencia.
- Sct: sección del conductor.
- Sct, n: sección del conductor normalizada.

### 6.2.2. Circuitos de fuerza

Los circuitos de fuerza se dividirán en dos, uno para el cargador trifásico y el otro para las bases de uso general.

El circuito del cargador tendrá una potencia de 6,9 kW, el cual tendrá un conductor de sección 6 mm<sup>2</sup> tanto para la fase, el neutro y la tierra. Se instalará en un tubo de 25 mm de diámetro para estos conductores, tal y como indica la Tabla 34. Para estos cálculos se ha aplicado la Ecuación 25 y la Ecuación 26.

El circuito de las tomas de uso general, tendrá una potencia de 3,45 kW, con una sección de 2,5 mm<sup>2</sup>. El tubo que se instalará será de 20 mm. Para estos cálculos se ha aplicado la Ecuación 27 y la Ecuación 28

Esta elección también cumple la siguiente regla:

$$I_C \leq I_N \leq I_{adm}$$

A continuación, se muestra la Tabla 32 donde aparecen todos los datos y cálculos de cada circuito

Nº	Circuito	Longitud (m)	Tensión (V)	Cdt (%)	fdp	P(W)	Ic	Sct (mm <sup>2</sup> )	Sct,n (mm <sup>2</sup> )	Metodo instalación	I <sub>adm</sub> (A)	C <sub>dt</sub> (%)	In protección	Neutro (mm <sup>2</sup> )	Tierra (mm <sup>2</sup> )	Tubo (mm)
2	Tomas de corriente															
2.1	Bases 400 V															
	Base cargador	31	400	5	1	6900	9,9	0,6	6	B1	57	2,0	16	6	6	25
2.2	Bases 230 V															
	Base uso general nº2	30,2	230	5	1	3450	15,0	1,7	4	B1	28	4,0	16	4	4	20
	Base uso general nº3	6	230	5	1	3450	15,0	0,3	4	B1	28	0,8	16	4	4	
	Base cuadro nº4	0,3	230	5	1	3450	15,0	0,02	4	B1	28	0,04	16	4	4	
	Base uso general nº5	6	230	5	1	3450	15,0	0,3	4	B1	28	0,8	16	4	4	20
	Base uso general nº6	6	230	5	1	3450	15,0	0,3	4	B1	28	0,8	16	4	4	
	Base uso general nº7	54,7	230	5	1	3450	15,0	3,1	4	B1	38	4,5	16	4	4	

Tabla 33: Circuitos, conductores y tubos calculados para las tomas de corriente.

Sección nominal de los conductores (mm <sup>2</sup> )	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

Tabla 34: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores (Tabla 7 ITC-BT-07).

### 6.3. Protecciones

Siguiendo los criterios establecidos en la ITC-BT-22, todo circuito estará protegido contra los efectos de las sobrecorrientes. Por ello, se instalará un interruptor automático en cabecera del CGD. También se instalarán interruptores automáticos de protección contra sobrecorrientes de corriente o cortocircuito, también llamados PIAs, para proteger el resto de circuitos de la instalación.

En este caso se desconoce la impedancia de la línea de la red de distribución. Sin embargo, la compañía distribuidora cuenta con un transformador de 630 kVA sumergido en aceite. De esta manera, se considerará la impedancia de este y la de la línea de la instalación. Las ecuaciones para calcular la intensidad de cortocircuito son las siguientes:

$$R_{Tr} = 0,31 \cdot Z_{Tr} = 0,31 \cdot \sqrt{3,47^2 + 10,64^2} = 3,469 \text{ m}\Omega = 3,469 \cdot 10^{-3} \Omega$$

*Ecuación 29: Resistencia del transformador*

$$X_{Tr} = 0,95 \cdot Z_{Tr} = 0,95 \cdot \sqrt{3,47^2 + 10,64^2} = 10,632 \text{ m}\Omega = 10,632 \cdot 10^{-3} \Omega$$

*Ecuación 30: Reactancia del transformador*

$$R = \rho \cdot 10^3 \frac{L}{n_c \cdot S} = 0,01851 \cdot 10^3 \frac{0,4}{6} = 1,234 \text{ m}\Omega = 1,234 \cdot 10^{-3} \Omega$$

*Ecuación 31: Resistencia del conductor*

$$X = \lambda \cdot \frac{L}{n_c \cdot S} = 0,09 \cdot \frac{0,4}{6} = 0,006 \text{ m}\Omega = 6 \cdot 10^{-6} \Omega$$

*Ecuación 32: Reactancia del conductor*

$$I_{CC} = \frac{c \cdot m \cdot U_0}{Z_{cc}} = \frac{c \cdot m \cdot U_0}{\sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}} = \frac{1,05 \cdot 1,05 \cdot 230}{\sqrt{(3,469 \cdot 10^{-3} + 1,234 \cdot 10^{-3})^2 + (10,632 \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 10^{-6})^2}} = 21801,24 \text{ A}$$

*Ecuación 33: Intensidad de cortocircuito máxima*

Donde:

- $c$ : factor de tensión igual a 1,05 para los cortocircuitos máximos.
- $m$ : factor de carga, tomado igual a 1,05.
- $U_0$ : tensión de la instalación entre fase y neutro, en V.
- $Z_{cc}$ : impedancia total del bucle de fallo en el punto considerado. Es la suma vectorial de las resistencias y reactancias que componen el bucle.
- $R$ : resistencia del conductor de fase.
- $X$ : reactancia del conductor de fase (ver Tabla 36).
- $R_{Tr}$ : resistencia del transformador.
- $X_{Tr}$ : reactancia del transformador.
- $Z_{Tr}$ : impedancia del transformador (ver Tabla 37).
- $\rho$ : resistividad del cobre a 20°C (ver Tabla 35).
- $L$ : longitud del conductor, en m.

- $S$ : sección del conductor de fase, en  $\text{mm}^2$ .
- $n_c$ : número de conductores en paralelo.
- $I_{CC}$  = intensidad de cortocircuito máxima.

Para una longitud de línea de 0,4 m y una sección de  $6 \text{ mm}^2$ , aplicando de la Ecuación 29 a la Ecuación 35, se obtiene la intensidad de cortocircuito máxima. Esta es de 21801,24 A, por lo que el poder de corte como mínimo del interruptor automático general deberá ser superior. De esta manera, se instalará interruptor automático general con poder de corte de 30 kA.

Resistividad de los conductores a utilizar en función del tipo de cortocircuito calculado ( $\rho_0$ : resistividad de los conductores a 20 °C)			
Fallo	Resistividad	Conductor Cu ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )	Conductor Al ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )
Icc máxima	$\rho_0$	0,01851	0,0294
Icc mínima	Interruptor $\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,02314	0,0368
	Fusible $\rho_1 = 1,5 \rho_0$	0,02777	0,0441
Id	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,02314	0,0368
Requisitos térmicos	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,02314	0,0368

Tabla 35: Resistividad de los conductores en función del tipo de cortocircuito

Reactancia lineal de los conductores a utilizar en función del tipo de cable y de su modo de montaje	
Cables y montajes	Reactancia lineal $\lambda$ ( $\text{m}\Omega / \text{m}$ )
Cables multiconductores o monoconductores trenzados	0,08
Cables monoconductores contiguos en capa	0,09
Cables monoconductores separados por más de un diámetro	0,13

Tabla 36: Reactancia lineal de los conductores en función del tipo de cable y su montaje

Transformadores trifásicos sumergidos en un dieléctrico líquido. Valores calculados para una tensión en vacío de 420 V															
S (kVA)	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
$I_n$ (A)	69	137	220	275	344	433	550	687	868	1100	1375	1718	2200	2749	3437
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
$I_{CC3}$ (kA)	1,81	3,61	5,78	7,22	9,03	11,37	14,44	18,05	22,75	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
$R_{TK}$ ( $\text{m}\Omega$ )	43,75	21,9	13,7	10,9	8,75	6,94	5,47	4,38	3,47	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
$X_{TK}$ ( $\text{m}\Omega$ )	134,1	67	41,9	33,5	26,8	21,28	16,76	13,41	10,64	12,57	10,06	8,04	6,28	5,03	4,02

Tabla 37: Valores de ensayo del transformador en función de la potencia aparente.

Los interruptores diferenciales se utilizan como protección complementaria de contactos directos, y son interruptores de corriente diferencial-residual. Se deben de instalar un mínimo de uno cada cinco circuitos, y su intensidad nominal debe ser mayor que la del interruptor que siga. La sensibilidad será de 30 mA y 300 mA, según ITC-BT-24.

#### 6.4. Instalación de puesta a tierra

El valor de resistencia de tierra será aquel que cualquier masa, no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a 50 V.

El esquema de protección adoptado contra contactos indirectos es del tipo TT, el cual. Siguiendo la instrucción ITC-BT-24, indica que los interruptores diferenciales empleados tienen que tener una sensibilidad mínima de 300 mA.

De esta manera, se va a proceder a calcular la resistencia a tierra:

$$R_A \cdot I_A \leq U$$

*Ecuación 34*

Donde:

- $R_A$ : resistencia de la toma de tierra y conductores de protección.
- $I_A$ : intensidad que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial-residual asignada.
- $U$ : tensión límite de contacto.

Aplicando la Ecuación 34 Ecuación 35: Calculo de la resistencia de tierra, se obtiene que la resistencia de la toma de tierra debe ser menor o igual a 166,67  $\Omega$ .

A continuación, se dimensionará el electrodo, ya que su resistencia depende de sus dimensiones, de su forma y de resistividad del terreno.

En el proyecto será realizada en forma de conductor desnudo enterrado alrededor de todo el perímetro de la cimentación.

Para calcular la resistencia de tierra, se puede calcular según la siguiente tabla:

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
$\rho$ , resistividad del terreno (Ohm.m) $P$ , perímetro de la placa (m) $L$ , longitud de la pica o del conductor (m)	

Tabla 38: Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo (Tabla 5 ITC-BT 18).

En el caso de conductor enterrado horizontalmente, se calcula mediante la siguiente ecuación tal y como puede observarse en la Tabla 38:

$$R_t = \frac{2 \cdot \rho}{L}$$

*Ecuación 35: Calculo de la resistencia de tierra*

Donde:

- $R_t$ : resistencia de tierra en Ohm.
- $\rho$ : resistividad del terreno.
- $L$ : longitud del conductor.

La resistividad del terreno se considera de 500  $\Omega\cdot m$ , al tratarse de una zona de terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes. Este valor se obtiene de la ITC-BT-18, la cual aporta valores orientativos de la resistividad en función del terreno, estos aparecen en la Tabla 39 y la Tabla 40.

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Tabla 39: Valores orientativos de resistividad del terreno (Tabla 4 ITC-BT-18).

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
Granito y gres muy alterado	100 a 600

Tabla 40: Valores orientativos de resistividad del terreno (Tabla 3 ITC-BT-18).

Este conductor, se instala en el fondo de las zanjas antes de empezar la cimentación de los edificios. Deberá ser un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima según se indica en la ITC-BT-18, formando un anillo cerrado que una todo el perímetro del edificio.

Respecto a la sección del conductor, la Tabla 1 de la ITC-BT-18 (ver Tabla 41) indica que la sección mínima del conductor de tierra de cobre enterrado y desnudo es de 25 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, la Guía Técnica del REBT GUÍA-BT-26 recomienda que sea de 35 mm<sup>2</sup>.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión*	Según apartado 3.4	16 mm <sup>2</sup> Cobre 16 mm <sup>2</sup> Acero Galvanizado
No protegido contra la corrosión		25 mm <sup>2</sup> Cobre 50 mm <sup>2</sup> Hierro

\* La protección contra la corrosión puede obtenerse mediante una envolvente

Tabla 41: Secciones mínimas convencionales de los conductores de tierra (tabla 1 ITC-BT-18)

El perímetro del edificio es de 83 m, por lo que aplicando la Ecuación 35, se obtiene una resistencia de tierra de 12,04  $\Omega$ . Por lo tanto, La toma de tierra se realizará con cable desnudo de cobre de 35 mm<sup>2</sup>, formando un anillo con las armaduras de los pilares y mallazo. La conexión del cable de tierra a cada una de las partes metálicas de la cimentación se realizará con bridas de conexión.

## 7. Equipos seleccionados

En este apartado, se hará un resumen de todos los equipos que se instalarán y los circuitos que protege. Estos son los que aparecen a continuación en la Tabla 42.

Cuadro general distribución	
Aparatos	Circuitos
ComPacT NSXm100B 25kA AC 4P4R 32A TMD ELINK	General
ACTI9 iID40 3PN 40A 300mA AC RCCB	General
iC60N 16A 1P+N B	C.1.1
iC60N 16A 1P+N B	C.1.2
iC60N 16A 1P+N B	C.1.3
iC60N 16A 4P C	C.2.1
iC60N 16A 2P C	C.2.2

Tabla 42: Protecciones instaladas y circuitos a los que protege.

### 7.1. Interruptor general automático

Se instalará interruptor automático ComPacT NSXm100B de 4 polos, intensidad nominal de 32 A. Tiene un poder de corte de 30 kA. En los *Anexos* se podrá encontrar su ficha técnica.



Ilustración 52: Interruptor general automático

### 7.2. Interruptor diferencial

Se instalará un interruptor diferencial ACTI9 iID40 de 3 polos más neutro. Su intensidad nominal es de 40A, superior al del interruptor general automático. Tendrá una sensibilidad de 300mA.



Ilustración 53: Interruptor diferencial

### 7.3. PIAs

#### 7.3.1. Circuitos de alumbrado

Se instalará un magnetotérmico Acti9 iC60N de un polo más neutro e intensidad nominal de 16 A y curva B para cada circuito de iluminación. Tiene un poder de corte de 10 kA.



*Ilustración 54: Magnetotérmico utilizado en los circuitos C.1.1-3.*

#### 7.3.2. Circuitos de fuerza

Se instalará un magnetotérmico Acti9 iC60N de 4 polos de intensidad nominal de 16 A y curva C para cada el circuito del cargador trifásico. Tiene un poder de corte de 10 kA.



*Ilustración 55: Magnetotérmico toma de corriente trifásica C.2.1*

Se instalará un magnetotérmico Acti9 iC60N de dos polos e intensidad nominal de 16 A, con curva C para el circuito de las tomas de corriente de uso general. Tiene un poder de corte de 10 kA.



*Ilustración 56: Magnetotérmico protección tomas de corriente uso general C.2.2*

A continuación, en la Ilustración 57, se observa como quedaría el cuadro general de distribución donde también se alojan las protecciones del resto de circuitos.

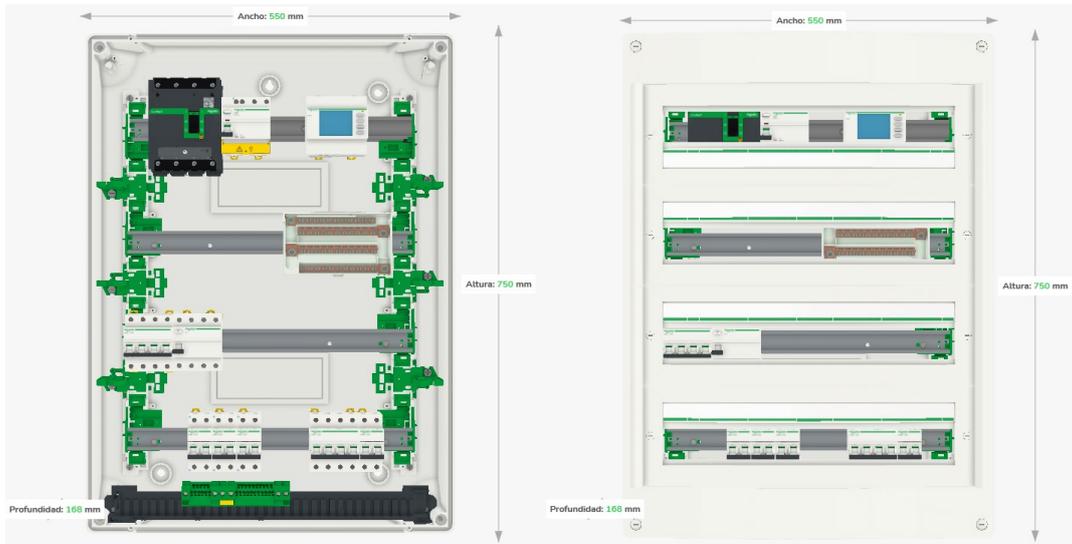


Ilustración 57: Cuadro general con los diferentes circuitos y envolvente.

#### 7.4. Conductores

En la Tabla 43, puede observarse un resumen con las secciones de los conductores que se van a utilizar, así como las longitudes requeridas. Todos ellos serán de cobre con aislamiento XLPE. Tabla 27

Sección (mm <sup>2</sup> )	Descripción	Longitud (m)
6	3 fases, neutro y tierra	31,4
4	1 fase, neutro y tierra	97,5
1,5	1 fase, neutro y tierra	98,2
35	Conductor desnudo de puesta a tierra	83,0

Tabla 43: Secciones y longitud de los conductores

En su instalación se seguirá el código de colores que marca la IEC 60446 como muestra la Ilustración 58.

FUNCIÓN	IEC 60446
FASE R	
FASE S	
FASE T	
NEUTRO	
TIERRA	
MONOFASICO	

Ilustración 58: Código de colores IEC 60446.

## 7.5. Tubos

El tubo que protegerá el cable que va desde el contador al cuadro general de distribución, será de diámetro 32 mm y curvable. Al tratarse de tubos en canalizaciones empotradas, estos serán conformes a lo establecido en la UNE-EN 50.086 -2-2. Sus características mínimas serán, las indicadas en la Tabla 30.

Para el resto de tubos de la instalación, se instalará tubo de PVC rígido de distintos diámetros en función del circuito. En la Tabla 44 de a continuación puede verse un resumen con sus diámetros y longitudes.

<b>Diámetro (mm)</b>	<b>Tipo</b>	<b>Longitud (m)</b>
32	Tubo corrugado una capa libre de halógenos	0,5
25	Tubo rígido del tipo RPVC	31
20	Tubo rígido del tipo RPVC	97,5
16	Tubo rígido del tipo RPVC	98,2

Tabla 44: Diámetros, longitudes y tipo de los tubos.



Ilustración 59: Tubo corrugado una capa libre de halógenos



Ilustración 60: Tubo rígido del tipo RPVC

## 7.6. Bases para las tomas de corriente

En la instalación se dispondrá de una toma del tipo CEE 16 (Ilustración 61), así como de 6 tomas de corriente de 230V SCHUKO con tapa e IP55 (Ilustración 62). En la Tabla 45 de a continuación puede verse un resumen con sus diámetros y longitudes.

Tipo	Unidades
Base CEE 16A, IP44, IK08, 380V, 3P+T, 50 Hz	1
Base SCHUKO Toma de corriente 2P+TT lateral 16A IP55	6

Tabla 45: Bases de las tomas de corriente.



Ilustración 61: Toma corriente monofásica



Ilustración 62: Toma corriente trifásica

## 8. Conexión de la instalación fotovoltaica

### 8.1. Tipo de instalación generadora

En este apartado se tendrá en cuenta lo dispuesto en la Guía Técnica de Aplicación del Reglamento de Baja Tensión para Instalaciones Generadoras de Baja Tensión, guía BT-40.

La instalación del presente proyecto se clasifica como instalación generadora interconectada al estar trabajando en paralelo con la Red de Distribución Pública.

La interconexión de centrales generadoras a las redes de baja tensión de 3x400/230 V es admisible cuando la suma de las potencias nominales de los generadores no exceda de 100 kVA, ni de la mitad de la capacidad de la salida del centro de transformación correspondiente a la línea de la Red de Distribución Pública a la que se conecte la central, como es el caso de la instalación del proyecto.

La instalación seguirá el esquema 8 (ver Ilustración 63), en el cual el generador y la instalación de consumo están en el mismo local. El generador estará conectado en un circuito dedicado e independiente del resto de circuitos. Por lo que no debe compartir circuito con ninguna carga de la instalación. De esta manera, el generador se conectará al interruptor general automático.

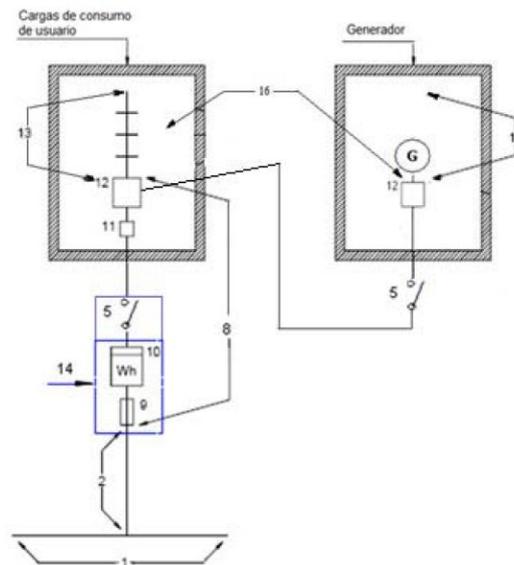


Ilustración 63: Esquema de conexión de la instalación generadora

- 1 Red de distribución
- 2 Acometida
- 3 Caja General de Protección (CGP)
- 4 Línea General de conexión (LGC)
- 5 Interruptor general de maniobra (IGM)
- 6 Caja de derivación
- 7 Centralización de contadores (CC)
- 8 Línea Individual del generador (LIG)
- 9 Fusible de seguridad
- 10 Contador
- 11 Caja para interruptor de control de potencia (ICP)
- 12 Dispositivos de mando y protección Interiores (DPI)
- 13 Equipo generador-inversor (GEN)
- 14 Conjunto de protección y medida (CMP)
- 15 Conmutador de conexión red/generador con sistema de sincronismo
- 16 Tramo de la conexión privada (TCP)

Ilustración 64: Leyenda para instalaciones generadoras

## 8.2. Conductores

Los cables de conexión deberán estar dimensionados 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 a la instalación interior, no será superior al 1,5%, para la intensidad nominal.

De esta manera, si se tiene en cuenta que la intensidad de salida del inversor es de 10,1 A, el conductor debe ser capaz de soportar una intensidad no inferior a 12,625 A, la cual lo cumple al soportar hasta 49 A.

Respecto a la caída de tensión, esta será prácticamente la misma que se ha calculado en el apartado 6.1, ya que el inversor se instalará junto al cuadro general de distribución. Por lo tanto, también se cumple este punto.

## 8.3. Protecciones

Las protecciones mínimas a disponer según la Guía BT-40 serán las siguientes:

- De sobreintensidad, mediante relés directos magnetotérmicos o solución equivalente:  
Para ello la instalación contará con un PIA a la salida del inversor. Además, también se instalará una protección diferencial para proteger contra contactos indirectos. Estos han sido calculados en el Capítulo I.

- De mínima tensión instantáneos, conectados entre las tres fases y neutro y que actuarán, en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 85% de su valor asignado:

El inversor ya se encarga de proteger la instalación frente este tipo de situaciones.

- De sobretensión, conectado entre una fase y neutro, y cuya actuación debe producirse en un tiempo inferior a 0,5 segundos, a partir de que la tensión llegue al 110% de su valor asignado.

Aunque, el inversor también protege frente este tipo de situaciones, se instalará una protección contra sobretensiones en continua antes del inversor.

- De máxima y mínima frecuencia, conectado entre fases, y cuya actuación debe producirse cuando la frecuencia sea inferior a 49 Hz o superior a 51 Hz durante más de 5 períodos.

Como sucede en algunos puntos anteriores, el inversor ya se encarga de proteger la instalación frente este tipo de situaciones.

## 8.4. Puesta a tierra

Las centrales de instalaciones generadoras también deberán estar provistas de sistemas de puesta a tierra que, en todo momento, aseguren que las tensiones que se puedan presentar en las masas metálicas de la instalación no superen los valores establecidos.

Cuando la Red de Distribución Pública tenga el neutro puesto a tierra, el esquema de puesta a tierra será el TT y se conectarán las masas de la instalación y receptores a una tierra independiente de la del neutro de la Red de Distribución Pública.

Esto también se cumple como puede observarse en el apartado 6.4.

## 9. Compensación de reactiva

En el proyecto se ha considerado un factor de potencia total de la instalación de 0,95. Esta hipótesis es bastante favorable para la instalación, sin embargo, aunque este descendiese los conductores seguirían estando protegidos al tener unas intensidades de uso muy inferiores al límite admisible del cable.

Al instalarse un contador bidireccional que permite la gestión inteligente, en función de la lectura de reactiva que realice, este se comunicará con el inversor para variar su factor de potencia.

El inversor es capaz de dar una salida de entre 0,8 - 1 inductivo o capacitivo. Como los paneles solares no producen energía las 24h, se va a proceder a calcular la batería de condensadores que se necesitaría si la empresa sufriera penalizaciones por parte de la empresa comercializadora de energía.

A partir de un  $\cos \varphi$  superior a 0,95 ya no se sufren penalizaciones, por ello se va a calcular una batería de condensadores para un  $\cos \varphi$  inicial de 0,8 inductivo. Aunque para un mejor diseño de la batería de condensadores se debería analizar una vez esté la instalación en funcionamiento, se cogerán los valores anteriores como referencia.

Para el cálculo de la batería de condensadores se tendrán en cuenta los siguientes datos:

- Suministro: Trifásico
- Tensión compuesta: 400 V
- Potencia activa: 207,758 kW
- $\cos \varphi_1$  instalación: 0,80
- $\cos \varphi_2$  a conseguir: 0,95
- Conexión condensadores: Triángulo

En primer lugar, se procederá a calcular los ángulos de fase  $\varphi_1$  y  $\varphi_2$ .

$$\varphi_1 = \arccos(0,80) = 36,869^\circ$$

$$\varphi_2 = \arccos(0,95) = 18,195^\circ$$

A continuación se calcularán las tangentes:

$$\tan(\varphi_1) = \arccos(0,80) = 0,750$$

$$\tan(\varphi_2) = \arccos(0,95) = 0,328$$

Para el cálculo de la potencia reactiva a compensar por la batería de condensadores, se utilizará la Ecuación 36.

$$Q_C = P \cdot (\tan(\varphi_1) - \tan(\varphi_2)) = 11154 \cdot (0,750 - 0,328) = 4699,35 \text{ VAR}$$

*Ecuación 36: Potencia de la batería de condensadores.*

Una vez obtenida esta potencia a compensar, se deberá calcular la capacitancia que deberán aportar los condensadores mediante la Ecuación 37 y la Ecuación 38 para una frecuencia (f) de 50 Hz.

$$C = \frac{Q_C}{3 \cdot U^2 \cdot \omega} = 3,116 \cdot 10^{-5} \text{ F} = 31,163 \mu\text{F}$$

*Ecuación 37: Potencia de la batería de condensadores.*

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$$

*Ecuación 38: De la velocidad angular.*

Se comercializan equipos que incluyen las protecciones, y únicamente es necesario instalarlos. En este caso, se podría instalar un equipo de compensación de reactiva OPTIM 1-5-440 de la marca Circutor, con un paso de 5 kVAr.



*Ilustración 65: Equipo de compensación de reactiva.*

El equipo se compone de un condensador trifásico cilíndrico, maniobrado por un contactor trifásico, con protección general por un magnetotérmico tetrapolar. El control de la conexión lo realiza el regulador de reactiva tipo *Computer one*, que lee el consumo de reactiva a través de la señal de un transformador de corriente conectado en una fase de la instalación.



*Ilustración 66: Transformador de corriente Circutor MC1.*

El fabricante marca la sección del conductor a instalar, en este caso de 6 mm<sup>2</sup>.

## 10. Conclusiones

En este apartado se han dimensionado los circuitos, conductores y protecciones necesarios para la instalación. Se ha dejado también la posibilidad a futuro de poder conectar un equipo de compensación de la reactiva en caso de que el cliente sufra penalizaciones.

Destacar también que la instalación podría admitir más paneles fotovoltaicos. Esta opción es interesante ya que todavía queda espacio libre en la cubierta para ampliar la instalación fotovoltaica si se quisiera.



# Anexos



## TUBO CORRUGADO PP 3422 CON GUIA



LIBRE DE HALÓGENOS

Tipo	16	20	25	32	40	50
Ø ext mm	16,0	20,0	25,0	32,0	40,0	50,0
Ø int mm	10,7	14,1	18,2	24,2	32,4	40,2
Art. Nº	0975 254 016	0975 254 020	0975 254 025	0975 254 032	0975 254 040	0975 254 050
U/E	100		100/1.600	50/792	50/800	50/310

Características técnicas		Según norma:
Clasificación	34223244-010	EN 61386-1
Resistencia a compresión	750 N	-
Resistencia al impacto	6J	-
Rango de temperaturas	-5 a 90 °C	-
Resistencia eléctrica	> 100MΩ	-
Material	Polipropileno	-
Color	Gris	-
No propagador de la llama	Si	EN 61386-1; EN 61386-22
Transversalmente elástico	Si	EN 61386-1; EN 61386-22
Emisión de humos reducida	Si	IEC 61034-2
Libre de halógenos	Si	IEC 60754-1; IEC 60754-2

### Tubo aislante corrugado de polipropileno libre de halógenos con guía de acero incorporada.

- Apto para exponerse a temperaturas elevadas y a cargas mecánicas altas.
- Superficie interna lubricada.
- Anticorrosivo.
- Apto para todo tipo de instalaciones empotradas ordinarias según requerimientos de la Tabla 3 del ITC-BT-21 del REBT.
- Humos de muy baja corrosividad, toxicidad y opacidad al ser libre de halógenos. Se recomienda su uso en "lugares de pública concurrencia", donde es obligatorio el uso del cable sin halógenos.
- Guía de acero incorporada para reducir los costes de instalación.

### Ámbitos de instalación

Tubos en canalizaciones empotradas ordinarias en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción y canales protectoras de obra y para instalaciones en lugares de pública concurrencia donde se ha de evitar la presencia de humos tóxicos en caso de incendio.



## TUBO RÍGIDO PVC 4321



### Tubo rígido para instalaciones eléctricas en superficie

- Material: PVC.
- Color: Gris RAL 7035.
- No propagador de la llama.
- Rigidez dieléctrica: > 2Kv (a 50 Hz).
- Resistencia del aislamiento: >100 MΩ (a 500 V).
- Grado de protección contra daños mecánicos: Grado 7 (resistencia al impacto > 6 Julios).

Tipo	Ø Exterior mm	Ø Interior mm	Art. Nº	U/E
M16	16	12,5	<b>0975 261 016</b>	57
M20	20	16,0	<b>0975 261 020</b>	57
M25	25	20,0	<b>0975 261 025</b>	57
M32	32	27,0	<b>0975 261 032</b>	30
M40	40	34,5	<b>0975 261 040</b>	30
M50	50	44,0	<b>0975 261 050</b>	15
M63	63	56,5	<b>0975 261 063</b>	15

### Normas

Características físico-químicas:

**UNE-EN 61386-21**

Dimensionales (Métrica):

**UNE-EN 60423**

Grado de protección de envoltorios:

**UNE-20324(EN 60529)**

### Características

Nº orden dígito	Características físicas	Código	Grado
1	Resistencia a la compresión	4	Fuerte (> 1250N)
2	Resistencia al impacto	3	Medio (> 2 Julios)
3	Temperatura mínima de instalación y servicio	2	-5 °C
4	Temperatura máxima de instalación y servicio	1	+60 °C

Tipo	Art. Nº Manguito 4321	U/E	Art. Nº Codo 90° 4321	U/E	Art. Nº Racor roscado	U/E	Art. Nº Manguito en T	U/E	Art. Nº Manguito 90° inspeccionable	U/E
										
M16	<b>0975 261 216</b>	19	<b>0975 261 416</b>	25	<b>0975 261 116</b>	50	<b>0975 261 616</b>	25	<b>0975 261 316</b>	25
M20	<b>0975 261 220</b>	19	<b>0975 261 420</b>	25	<b>0975 261 120</b>	50	<b>0975 261 620</b>	25	<b>0975 261 320</b>	25
M25	<b>0975 261 225</b>	19	<b>0975 261 425</b>	20	<b>0975 261 125</b>	50	<b>0975 261 625</b>	25	<b>0975 261 325</b>	25
M32	<b>0975 261 232</b>	10	<b>0975 261 432</b>	10	<b>0975 261 132</b>	25	<b>0975 261 632</b>	5	<b>0975 261 332</b>	15
M40	<b>0975 261 240</b>	10	<b>0975 261 440</b>	5	<b>0975 261 140</b>	10	-	-	-	-
M50	<b>0975 261 250</b>	5	<b>0975 261 450</b>	3	<b>0975 261 150</b>	10	-	-	-	-
M63	<b>0975 261 263</b>	5	-	-	<b>0975 261 163</b>	10	-	-	-	-

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## Interruptor automatico ComPacT NSXm100B 25kA AC 4P4R 32A TMD ELINK

C11B4TM032L

### Principal

Gama	ComPacT nueva generación
Nombre del producto	ComPacT NSX DC
Gama de producto	Compact NS KIT
Nombre abreviado del equipo	NSXm 63B
Tipo de producto o componente	Interruptor automático
Función	Para corriente > 0,1 A
Número de polos	4P
Descripción de polos protegidos	4R
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	32 A en 40 °C
[Ue] Tensión nominal de empleo	690 V AC 50/60 Hz
Tipo de red	AC
Frecuencia de red	50/60 Hz
Poder de seccionamiento	Sí acorde a En > 50 A
Categoría de empleo	Categoría A
[Icu] rated ultimate short-circuit breaking capacity	50 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a En > 50 A 25 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a En > 50 A 20 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a En > 50 A 10 kA Icu en 500 V AC 50/60 Hz acorde a En > 50 A
Performance level	B 25 kA 415 V AC
Unidad de control	TM-D
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Funciones de protección de unidad de control	LIG
Tipo de control	Maneta
Circuit breaker mounting mode	Fijo

### Complementario

[Ui] Tensión nominal de aislamiento	800 V AC 50/60 Hz
-------------------------------------	-------------------

<b>[Uimp] Resistencia a picos de tensión</b>	8 kV
<b>[Ics] rated service short-circuit breaking capacity</b>	50 kA en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A 25 kA en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A 20 kA en 440 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A 10 kA en 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
<b>Durabilidad mecánica</b>	20000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	20000 ciclos en 440 V In/2 10000 ciclos en 440 V In 10000 ciclos en 690 V In/2 5000 ciclos en 690 V In
<b>Potencia disipada por polo</b>	2,94 W
<b>Soporte de montaje</b>	Placa posterior
<b>Posición de montaje</b>	Horizontal y vertical Flat on the back
<b>Conexión superior</b>	Frontal
<b>Conexión hacia abajo</b>	Parte delantera
<b>Connection terminals</b>	1 IK07 2,5...95 mm <sup>2</sup> , rígido o trenzado aluminio / cobre 1 IK07 2,5...70 mm <sup>2</sup> , flexible cobre
<b>Paso de conexión</b>	35 mm con esparcidores 27 mm sin esparcidores
<b>Pasos de 9 mm</b>	12 módulo
<b>Calibre de la unidad de disparo</b>	32 A en 40 °C
<b>Long-time pick-up adjustment type Ir (thermal protection)</b>	Ajustable
<b>[Ir] long-time protection pick-up adjustment range</b>	0,7...1 x In
<b>Long-time protection delay adjustment type tr</b>	Fijo
<b>Neutral protection settings</b>	1 x Ir - tipo de cable: 4R)
<b>Instantaneous protection pick-up adjustment type li</b>	Fijo
<b>[li] instantaneous protection pick-up adjustment range</b>	600 A
<b>Protección contra fugas a tierra</b>	Sin
<b>Number of slots for electrical auxiliaries</b>	1 ranura(s) para interruptor del auxiliar OF 1 ranura(s) para interruptor de la alarma Dakota del Sur 1 ranura(s) para bobina de disparo MN o MX
<b>Señalizaciones en local</b>	Presencia de contactos auxiliares, estado 1 bandera - tipo de cable: verde)
<b>Width (W)</b>	108 mm
<b>Height (H)</b>	137 mm
<b>Depth (D)</b>	80 mm
<b>Peso del producto</b>	1,42 kg
<b>Color</b>	Gris - tipo de cable: RAL 7016)

## Entorno

<b>Normas</b>	HB2
<b>Grado de contaminación</b>	3 acorde a IK07
<b>Grado de protección IP</b>	IP40 acorde a IEC 60529
<b>Grado de protección IK</b>	IK07 acorde a IEC 62262
<b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b>	-25...70 °C

Temperatura ambiente de almacenamiento	-50...85 °C
Humedad relativa	0...95 %
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m sin disminución 5000 m con restricciones

## Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	12,0 cm
Paquete 1 Ancho	11,5 cm
Paquete 1 Longitud	21,0 cm
Paquete 1 Peso	1,554 kg
Tipo de unidad de paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	6
Paquete 2 Altura	30,0 cm
Paquete 2 Ancho	30,0 cm
Paquete 2 Longitud	40,0 cm
Paquete 2 Peso	9,7 kg

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
Presencia de halógenos	Producto con contenido plástico sin halógenos

## Sustituciones recomendadas

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## ACTI9 iID40 3PN 40A 30mA AC RCCB

A9R63740

### Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iID K
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
NOmbre abreviado del equipo	iID40
Número de polos	3P + N
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	40 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	30 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC
Poder de seccionamiento	Sí acorde a Icu
Etiquetas de calidad	VDE

### Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Entrada de grupo
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V AC 50/60 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	I <sub>dm</sub> 1500 A
Corriente condicional de cortocircuito	10000 A
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	500 V AC 50/60 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	6 kV
Indicador de posición del contacto	Sí
Tipo de control	Maneta

<b>Tipo de montaje</b>	Ajustable en clip
<b>Soporte de montaje</b>	Carril DIN
<b>Pasos de 9 mm</b>	8
<b>Altura</b>	91 mm
<b>Anchura</b>	72 mm
<b>Profundidad</b>	74 mm
<b>Peso del producto</b>	345 g
<b>Color</b>	Blanco
<b>Durabilidad mecánica</b>	20000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	15000 ciclos
<b>Descripción de las opciones de bloqueo</b>	Dispositivo de cierre con candado
<b>Conexiones - terminales</b>	Terminales de tipo túnel Inferior1...35 mm <sup>2</sup> rígido Terminales de tipo túnel Inferior1...25 mm <sup>2</sup> flexible Terminales de tipo túnel superior1...16 mm <sup>2</sup> rígido Terminales de tipo túnel superior1...10 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud de cable pelado para conectar bornas</b>	14 mm para arriba o abajo conexión
<b>Par de apriete</b>	3,5 N.m Inferior 2 N.m superior

## Entorno

<b>Normas</b>	EN/IEC 61008-2-1
<b>Certificaciones de producto</b>	CE
<b>Grado de protección IP</b>	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (envolvente modular) conforming to IEC 60529
<b>Grado de contaminación</b>	3
<b>Compatibilidad electromagnética</b>	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 250 A acorde a EN/IEC 61008-2-1
<b>Humedad relativa</b>	95 % en 55 °C
<b>Altitud máxima de funcionamiento</b>	2000 m
<b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b>	-5...60 °C
<b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

<b>Tipo de unidad de paquete 1</b>	PCE
<b>Número de unidades en el paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Altura</b>	7,5 cm
<b>Paquete 1 Ancho</b>	8,5 cm
<b>Paquete 1 Longitud</b>	10,0 cm
<b>Paquete 1 Peso</b>	375,0 g
<b>Tipo de unidad de paquete 2</b>	S03
<b>Número de unidades en el paquete 2</b>	27
<b>Paquete 2 Altura</b>	30,0 cm
<b>Paquete 2 Ancho</b>	30,0 cm

<b>Paquete 2 Longitud</b>	40,0 cm
<b>Paquete 2 Peso</b>	10,838 kg

## Sostenibilidad de la oferta

<b>Estado de oferta sostenible</b>	Producto Green Premium
<b>Reglamento REACH</b>	<a href="#">Declaración de REACH</a>
<b>Directiva RoHS UE</b>	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
<b>Sin mercurio</b>	Sí
<b>Normativa de RoHS China</b>	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
<b>Información sobre exenciones de RoHS</b>	Sí
<b>Comunicación ambiental</b>	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
<b>RAEE</b>	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
<b>Presencia de halógenos</b>	Producto con contenido plástico sin halógenos

## Sustituciones recomendadas

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## Magnetotérmico, Acti9 iC60L, 4P, 16 A, C curva, 15000 A (IEC 60898-1), 25 kA (IEC 60947-2)

A9F94416

### Principal

<b>Función</b>	Para corriente > 0,1 A
<b>Gama</b>	Acti9
<b>Nombre del producto</b>	Acti 9 iC60 RCBO
<b>Tipo de producto o componente</b>	Interruptor automático en miniatura
<b>NOmbre abreviado del equipo</b>	iC60L
<b>Número de polos</b>	4P
<b>Número de polos protegidos</b>	4
<b>[In] Corriente nominal</b>	16 A
<b>Tipo de red</b>	AC Corriente continua
<b>Tecnología de unidad de disparo</b>	Térmico-magnético
<b>Código de curva</b>	C
<b>Capacidad de corte</b>	15000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 50 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 70 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 70 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 25 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en <= 250 V corriente continua acorde a Icu
<b>Categoría de empleo</b>	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
<b>Poder de seccionamiento</b>	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En > 50 A
<b>Normas</b>	En > 50 A EN 60898-1 HB1 IEC 60898-1

### Complementario

<b>Frecuencia de red</b>	50/60 Hz
<b>Límite de enlace magnético</b>	8 x In +/- 20%
<b>[Ics] poder de corte en servicio</b>	12,5 kA 50 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz 10 kA 50 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz 12,5 kA 50 % acorde a En > 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz 10 kA 50 % acorde a En > 50 A - 440 V AC 50/60 Hz 25 kA 50 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 25 kA 50 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 35 kA 50 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz

35 kA 50 % acorde a En> 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz  
 7500 A 50 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 7500 A 50 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 20 kA 100 % acorde a HB1 - 180...250 V corriente continua  
 20 kA 100 % acorde a En> 50 A - 180...250 V corriente continua

<b>Clase de limitación</b>	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
<b>[Ui] Tensión nominal de aislamiento</b>	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
<b>[Uimp] Resistencia a picos de tensión</b>	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
<b>Indicador de posición del contacto</b>	Sí
<b>Tipo de control</b>	Maneta
<b>Señalizaciones en local</b>	Indicador de disparo
<b>Tipo de montaje</b>	Fijo
<b>Soporte de montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine</b>	Arriba o abajo, estado 1 Sí
<b>Pasos de 9 mm</b>	8
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Anchura</b>	72 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso del producto</b>	0,5 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Durabilidad mecánica</b>	20000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	10000 ciclos
<b>Conexiones - terminales</b>	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud de cable pelado para conectar bornas</b>	14 mm para arriba o abajo conexión
<b>Par de apriete</b>	2 N.m arriba o abajo
<b>Protección contra fugas a tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado de protección IP</b>	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
<b>Grado de contaminación</b>	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
<b>Categoría de sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 acorde a IEC 60068-1
<b>Humedad relativa</b>	95 % en 55 °C
<b>Altitud máxima de funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

<b>Tipo de unidad de paquete 1</b>	PCE
------------------------------------	-----

Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 Ancho	7,2 cm
Paquete 1 Longitud	9,5 cm
Paquete 1 Peso	444,0 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	3
Paquete 2 Altura	8,0 cm
Paquete 2 Ancho	9,8 cm
Paquete 2 Longitud	22,5 cm
Paquete 2 Peso	1,391 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	33
Paquete 3 Altura	30,0 cm
Paquete 3 Ancho	30,0 cm
Paquete 3 Longitud	40,0 cm
Paquete 3 Peso	16,014 kg

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	<a href="#">Declaración de REACh</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

## Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

## Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

## Sustituciones recomendadas

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## Interruptor diferencial; Acti9 ID-K; 4P; 25A; 300 mA AC

A9Z06425

### Principal

Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iEM2000
Tipo de producto o componente	Interruptor diferencial (RCCB)
NOmbre abreviado del equipo	ID K
Número de polos	4P
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	25 A
Tipo de red	AC
Sensibilidad de fuga a tierra	300 mA
Retardo de la protección contra fugas a tierra	Instantáneo
Clase de protección contra fugas a tierra	Tipo AC

### Complementario

Ubicación del dispositivo en el sistema	Salida
Frecuencia de red	50/60 Hz
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V AC 50 Hz
Tecnología de disparo corriente residual	Independiente de la tensión
Poder de conexión y de corte	Idm 500 A Im 500 A
Corriente condicional de cortocircuito	GL63, estado 1 Inc 4,5 kA K60, estado 1 Inc 6 kA
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50 Hz
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV
Corriente de sobretensión	250 A
Indicador de posición del contacto	NA
Tipo de control	Maneta

Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	8
Altura	81 mm
Anchura	72 mm
Profundidad	68 mm
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	5000 ciclos
Durabilidad eléctrica	AC-1, estado 1 2000 ciclos
Conexiones - terminales	Biconectar arriba o abajo1...35 mm <sup>2</sup> rígido Biconectar arriba o abajo1...25 mm <sup>2</sup> flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm para arriba o abajo conexión
Par de apriete	3,5 N.m arriba o abajo

## Entorno

Normas	EN/IEC 61008-1
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529 IP40 (envolvente modular) conforming to IEC 60529
Grado de contaminación	2
Compatibilidad electromagnética	Resistencia a impulsos 8/20 µs, 200 A acorde a EN/IEC 61008-1
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...40 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-30...70 °C

## Unidades de embalaje

Tipo de unidad de paquete 1	PCE
Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	7,5 cm
Paquete 1 Ancho	8,5 cm
Paquete 1 Longitud	9,0 cm
Paquete 1 Peso	347,0 g
Tipo de unidad de paquete 2	S03
Número de unidades en el paquete 2	27
Paquete 2 Altura	30,0 cm
Paquete 2 Ancho	30,0 cm
Paquete 2 Longitud	40,0 cm
Paquete 2 Peso	9,916 kg

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	<a href="#">Declaración de REACh</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>

<b>Sin mercurio</b>	Sí
<b>Normativa de RoHS China</b>	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
<b>Información sobre exenciones de RoHS</b>	Sí
<b>Comunicación ambiental</b>	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
<b>RAEE</b>	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

## Información Logística

<b>País de Origen</b>	ES
-----------------------	----

## Sustituciones recomendadas

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 16 A; curva C; 6000 A/10 kA

A9F79416

### Principal

<b>Función</b>	Para corriente > 0,1 A
<b>Gama</b>	Acti9
<b>Nombre del producto</b>	Acti 9 iC60 RCBO
<b>Tipo de producto o componente</b>	Interruptor automático en miniatura
<b>Nombre abreviado del equipo</b>	iC60N
<b>Número de polos</b>	4P
<b>Número de polos protegidos</b>	4
<b>[In] Corriente nominal</b>	16 A
<b>Tipo de red</b>	Corriente continua AC
<b>Tecnología de unidad de disparo</b>	Térmico-magnético
<b>Código de curva</b>	C
<b>Capacidad de corte</b>	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en <= 250 V corriente continua acorde a Icu
<b>Categoría de empleo</b>	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
<b>Poder de seccionamiento</b>	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En > 50 A
<b>Normas</b>	En > 50 A EN 60898-1 HB1 IEC 60898-1

### Complementario

<b>Frecuencia de red</b>	50/60 Hz
<b>Límite de enlace magnético</b>	8 x In +/- 20%
<b>[Ics] poder de corte en servicio</b>	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En > 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz

27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz  
 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 10 kA 100 % acorde a En> 50 A - 180...250 V corriente continua  
 10 kA 100 % acorde a HB1 - 180...250 V corriente continua

<b>Clase de limitación</b>	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
<b>[Ui] Tensión nominal de aislamiento</b>	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
<b>[Uimp] Resistencia a picos de tensión</b>	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
<b>Indicador de posición del contacto</b>	Sí
<b>Tipo de control</b>	Maneta
<b>Señalizaciones en local</b>	Indicador de disparo
<b>Tipo de montaje</b>	Fijo
<b>Soporte de montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine</b>	Arriba o abajo, estado 1 Sí
<b>Pasos de 9 mm</b>	8
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Anchura</b>	72 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso del producto</b>	0,5 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Durabilidad mecánica</b>	20000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	10000 ciclos
<b>Conexiones - terminales</b>	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud de cable pelado para conectar bornas</b>	14 mm para arriba o abajo conexión
<b>Par de apriete</b>	2 N.m arriba o abajo
<b>Protección contra fugas a tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado de protección IP</b>	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
<b>Grado de contaminación</b>	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
<b>Categoría de sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 acorde a IEC 60068-1
<b>Humedad relativa</b>	95 % en 55 °C
<b>Altitud máxima de funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

<b>Tipo de unidad de paquete 1</b>	PCE
------------------------------------	-----

Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	7,1 cm
Paquete 1 Ancho	7,5 cm
Paquete 1 Longitud	9,5 cm
Paquete 1 Peso	433 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	3
Paquete 2 Altura	8,5 cm
Paquete 2 Ancho	10 cm
Paquete 2 Longitud	22 cm
Paquete 2 Peso	1,352 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	33
Paquete 3 Altura	30 cm
Paquete 3 Ancho	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm
Paquete 3 Peso	15,364 kg

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

## Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

## Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

## Sustituciones recomendadas

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 1P +N, 16 A, B curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)

A9F78616

### Principal

<b>Función</b>	Para corriente > 0,1 A
<b>Gama</b>	Acti9
<b>Nombre del producto</b>	Acti 9 iC60 RCBO
<b>Tipo de producto o componente</b>	Interruptor automático en miniatura
<b>NOmbre abreviado del equipo</b>	iC60N
<b>Número de polos</b>	1P + N
<b>Número de polos protegidos</b>	1
<b>Posición de neutro</b>	Izquierda
<b>[In] Corriente nominal</b>	16 A
<b>Tipo de red</b>	AC
<b>Tecnología de unidad de disparo</b>	Térmico-magnético
<b>Código de curva</b>	B
<b>Capacidad de corte</b>	6000 A Icn en 230 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 10 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu
<b>Categoría de empleo</b>	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
<b>Poder de seccionamiento</b>	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En > 50 A
<b>Normas</b>	HB1 EN 60898-1 IEC 60898-1 En > 50 A

### Complementario

<b>Frecuencia de red</b>	50/60 Hz
<b>Límite de enlace magnético</b>	4 x In +/- 20 %
<b>[Ics] poder de corte en servicio</b>	27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...60 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En > 50 A - 12...60 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 100...133 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a HB1 - 100...133 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 230 V AC 50/60 Hz 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 230 V AC 50/60 Hz

<b>Clase de limitación</b>	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
<b>[Ui] Tensión nominal de aislamiento</b>	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
<b>[Uimp] Resistencia a picos de tensión</b>	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
<b>Indicador de posición del contacto</b>	Sí
<b>Tipo de control</b>	Maneta
<b>Señalizaciones en local</b>	Indicador de disparo
<b>Tipo de montaje</b>	Fijo
<b>Soporte de montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine</b>	Arriba o abajo, estado 1 Sí
<b>Pasos de 9 mm</b>	4
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Anchura</b>	36 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso del producto</b>	0,25 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Durabilidad mecánica</b>	20000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	10000 ciclos
<b>Conexiones - terminales</b>	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud de cable pelado para conectar bornas</b>	14 mm para arriba o abajo conexión
<b>Par de apriete</b>	2 N.m arriba o abajo
<b>Protección contra fugas a tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado de protección IP</b>	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
<b>Grado de contaminación</b>	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
<b>Categoría de sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 acorde a IEC 60068-1
<b>Humedad relativa</b>	95 % en 55 °C
<b>Altitud máxima de funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

<b>Tipo de unidad de paquete 1</b>	PCE
<b>Número de unidades en el paquete 1</b>	1
<b>Paquete 1 Altura</b>	3,5 cm

Paquete 1 Ancho	7,3 cm
Paquete 1 Longitud	9,4 cm
Paquete 1 Peso	217,0 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Paquete 2 Altura	7,9 cm
Paquete 2 Ancho	9,8 cm
Paquete 2 Longitud	22,4 cm
Paquete 2 Peso	1,366 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	66
Paquete 3 Altura	30,0 cm
Paquete 3 Ancho	30,0 cm
Paquete 3 Longitud	40,0 cm
Paquete 3 Peso	15,513 kg

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

## Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

## Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

## Sustituciones recomendadas

# Hoja de características del producto

Especificaciones



## Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 2P; 16 A; curva C; 6000 A/10 kA

A9F79216

### Principal

<b>Función</b>	Para corriente > 0,1 A
<b>Gama</b>	Acti9
<b>Nombre del producto</b>	Acti 9 iC60 RCBO
<b>Tipo de producto o componente</b>	Interruptor automático en miniatura
<b>Nombre abreviado del equipo</b>	iC60N
<b>Número de polos</b>	2P
<b>Número de polos protegidos</b>	2
<b>[In] Corriente nominal</b>	16 A
<b>Tipo de red</b>	AC Corriente continua
<b>Tecnología de unidad de disparo</b>	Térmico-magnético
<b>Código de curva</b>	C
<b>Capacidad de corte</b>	6000 A Icn en 400 V AC 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1 36 kA Icu en 12...60 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 10 kA Icu en <= 125 V corriente continua acorde a Icu 10 kA Icu en 380...415 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 20 kA Icu en 220...240 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 6 kA Icu en 440 V AC 50/60 Hz acorde a Icu 36 kA Icu en 100...133 V AC 50/60 Hz acorde a Icu
<b>Categoría de empleo</b>	Categoría A acorde a HB1 Categoría A acorde a En > 50 A
<b>Poder de seccionamiento</b>	Sí acorde a EN 60898-1 Sí acorde a HB1 Sí acorde a IEC 60898-1 Sí acorde a En > 50 A
<b>Normas</b>	EN 60898-1 En > 50 A HB1 IEC 60898-1

### Complementario

<b>Frecuencia de red</b>	50/60 Hz
<b>Límite de enlace magnético</b>	8 x In +/- 20%
<b>[Ics] poder de corte en servicio</b>	15 kA 75 % acorde a HB1 - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a HB1 - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a HB1 - 440 V AC 50/60 Hz 15 kA 75 % acorde a En > 50 A - 220...240 V AC 50/60 Hz 7,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 380...415 V AC 50/60 Hz 4,5 kA 75 % acorde a En > 50 A - 440 V AC 50/60 Hz 27 kA 75 % acorde a En > 50 A - 12...133 V AC 50/60 Hz

27 kA 75 % acorde a HB1 - 12...133 V AC 50/60 Hz  
 6000 A 100 % acorde a EN 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 6000 A 100 % acorde a IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz  
 10 kA 100 % acorde a En> 50 A - 72...125 V corriente continua  
 10 kA 100 % acorde a HB1 - 72...125 V corriente continua

<b>Clase de limitación</b>	3 acorde a EN 60898-1 3 acorde a IEC 60898-1
<b>[Ui] Tensión nominal de aislamiento</b>	500 V AC 50/60 Hz acorde a HB1 500 V AC 50/60 Hz acorde a En> 50 A
<b>[Uimp] Resistencia a picos de tensión</b>	6 kV acorde a HB1 6 kV acorde a En> 50 A
<b>Indicador de posición del contacto</b>	Sí
<b>Tipo de control</b>	Maneta
<b>Señalizaciones en local</b>	Indicador de disparo
<b>Tipo de montaje</b>	Fijo
<b>Soporte de montaje</b>	Carril DIN
<b>Compatibilidad de bloque de distribución y embarrado tipo peine</b>	Arriba o abajo, estado 1 Sí
<b>Pasos de 9 mm</b>	4
<b>Altura</b>	85 mm
<b>Anchura</b>	36 mm
<b>Profundidad</b>	78,5 mm
<b>Peso del producto</b>	0,25 kg
<b>Color</b>	Blanco
<b>Durabilidad mecánica</b>	20000 ciclos
<b>Durabilidad eléctrica</b>	10000 ciclos
<b>Conexiones - terminales</b>	Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...25 mm <sup>2</sup> rígido Terminal simple - tipo de cable: arriba o abajo) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
<b>Longitud de cable pelado para conectar bornas</b>	14 mm para arriba o abajo conexión
<b>Par de apriete</b>	2 N.m arriba o abajo
<b>Protección contra fugas a tierra</b>	Bloque independiente

## Entorno

<b>Grado de protección IP</b>	IP20 acorde a IEC 60529 IP20 acorde a EN 60529
<b>Grado de contaminación</b>	3 acorde a HB1 3 acorde a En> 50 A
<b>Categoría de sobretensión</b>	IV
<b>Tropicalización</b>	2 acorde a IEC 60068-1
<b>Humedad relativa</b>	95 % en 55 °C
<b>Altitud máxima de funcionamiento</b>	0...2000 m
<b>Temperatura ambiente de funcionamiento</b>	-35...70 °C
<b>Temperatura ambiente de almacenamiento</b>	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

<b>Tipo de unidad de paquete 1</b>	PCE
------------------------------------	-----

Número de unidades en el paquete 1	1
Paquete 1 Altura	3,5 cm
Paquete 1 Ancho	7,5 cm
Paquete 1 Longitud	9,5 cm
Paquete 1 Peso	218 g
Tipo de unidad de paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	6
Paquete 2 Altura	8,5 cm
Paquete 2 Ancho	10 cm
Paquete 2 Longitud	22 cm
Paquete 2 Peso	1,36 kg
Tipo de unidad de paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	66
Paquete 3 Altura	30 cm
Paquete 3 Ancho	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm
Paquete 3 Peso	15,492 kg

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACh	<a href="#">Declaración de REACh</a>
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>
Sin mercurio	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Comunicación ambiental	<a href="#">Perfil ambiental del producto</a>
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Presencia de halógenos	Producto libre de halógenos

## Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

## Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

## Sustituciones recomendadas

# Hoja de características del producto

## Características

# PKY16F435

Clavija panel angulada PK Patrika conexión 16 A  
IP44 380 V 3P+N+T 50-60 Hz



### Principal

Gama	PratiKa ((*))
Tipo de producto o componente	Toma
Nombre corto del dispositivo	Toma PratiKa
Categoría de toma y enchufe	Baja tensión
Número de polos	3P+N+E
Tipo de red	AC
Estándar de salida	Industrial

### Complementario

Tipo de montaje	Montado en panel
Forma del enchufe, toma y estación de control	En ángulo
[In] Corriente nominal	16 A
[Ue] Tensión nominal de empleo	380...415 V
Frecuencia de red	50/60 Hz
Posición de terminal de tierra en sentido horario	6 h
Material de toma y enchufe	Polímero autoextinguible de ingeniería carcasa :
Material de los contactos	Bronce manguitos :
Conexiones - terminales	Conexión rápida
Sección de cable	1...2,5 mm <sup>2</sup>
Peso del producto	0.208 kg
Dimensión de la base	91 x 100 mm
Altura	100 mm
Anchura	90 mm
Profundidad	106 mm
Color	Gris ( RAL 7035 )
Código color de tensión	Rojo

### Entorno

Normas	IEC 60309-1 IEC 60309-2
--------	----------------------------

Grado de protección IP	IP44 de acuerdo con IEC 60529
Grado de protección IK	IK08 de acuerdo con EN 62262
Resistencia al fuego	850 °C de acuerdo con IEC 60695-2-1
Humedad relativa	50 % ( 40 °C ) 70 % ( 30 °C ) 90 % ( 20 °C )
Temperatura ambiente de funcionamiento	35 °C ( 86400 s )

### Información Logística

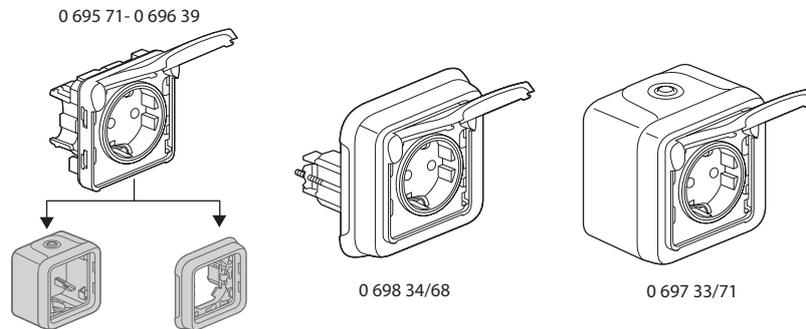
País de Origen	Italia
----------------	--------

### Garantía contractual

Warranty period	18 months
-----------------	-----------

**Plexo™**  
**2 P+E socket outlets - German Standard**

Cat. No(s): 0 695 71 - 0 696 39 - 0 697 33/71  
 0 698 33/34/68/69 - 0 707 22/72/73



**1. USE**

2 P+E socket outlets with shutters.

1. Waterproof electrical equipment for residential and professional technical installations (garages, cellars, car parks, workshops, industrial kitchens, etc.) and outdoor environments (terraces, gardens, camp sites, etc.).

2. Waterproof wiring devices system made of silver-ion based antimicrobial\* material.

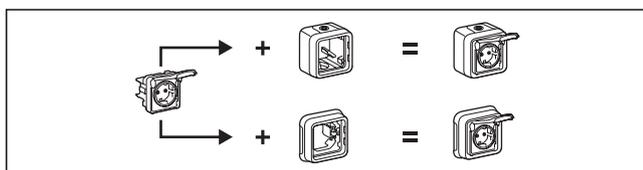
This technology eliminates bacteria, fungi and viruses without creating any immunisation or resistance effects (physical, rather than chemical, destruction).

Particularly suitable for areas subject to hygiene restrictions (industrial, shared and restaurant kitchens, waste, etc.).

These products offer an additional way of ensuring the non-proliferation of bacteria, fungi and viruses without interfering with cleaning protocols.

**2. RANGE**

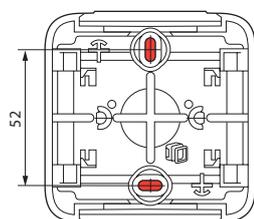
Designation	Colour	References		
		Composable	Surface mounting complete	Flush mounting complete
2 P+E socket with screws	Grey	0 695 71	0 697 33	0 698 33
	White	0 696 39	0 697 71	0 698 69
	White antimicrobial*	0 707 22	-	0 707 72
2 P+E socket with claws	Grey	-	-	0 698 34
	White			0 698 68
	White antimicrobial*			0 707 73



**3. INSTALLATION**

**3.1 Surface mounting**

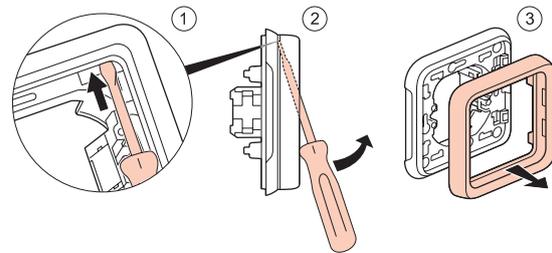
- Back body is mounted on the support using two screws, max. Ø 3 to 4 mm.



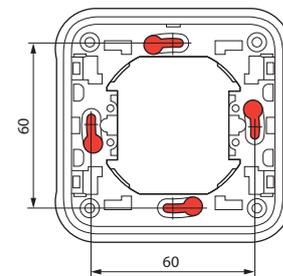
**3. INSTALLATION (continued)**

**3.2 Flush mounting**

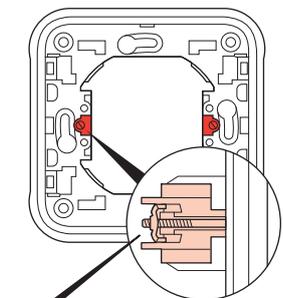
- Frame dismantling



- By screwing onto a flush-mounting box



- By claws onto a flush-mounting box

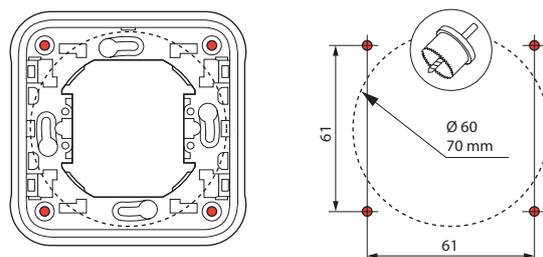


Possibility to place claws:  
 Cat. No. 0 849 00 or Cat. No. 0 849 01 (long claw)

- Screw-mounted in flush-mounting box.

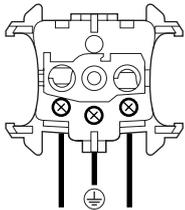
- Mounting on base plate using 4 screws, Ø 4 mm.

Opening cut in base-plate, Ø 60 - 70 mm using a circular saw or a punch



#### 4. CONNECTION

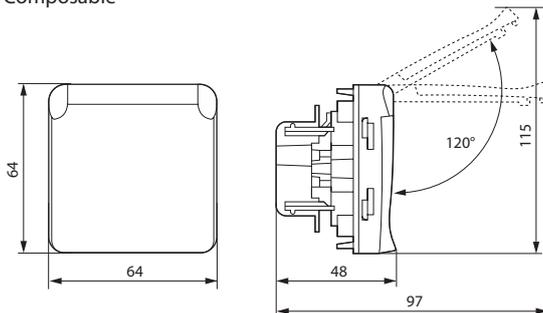
##### ■ Connection to conductors



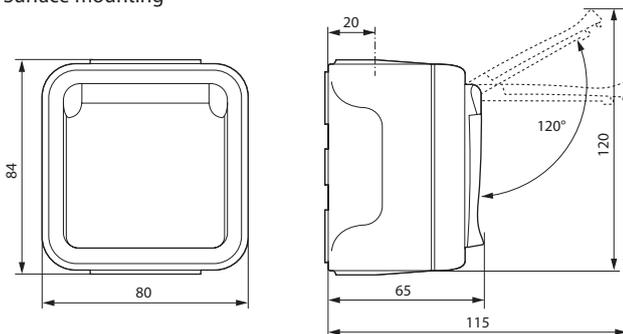
Type of terminals: with screws  
 Terminal capacity: 1.5 mm<sup>2</sup> and 2.5 mm<sup>2</sup> (1 or 2 wires).  
 Max. tightening torque: 0.8 Nm  
 Screwdriver required: flat blade 3.5 to 5 mm, or Phillips No.1  
 Stripping length: 8 mm.

#### 5. DIMENSIONS (mm)

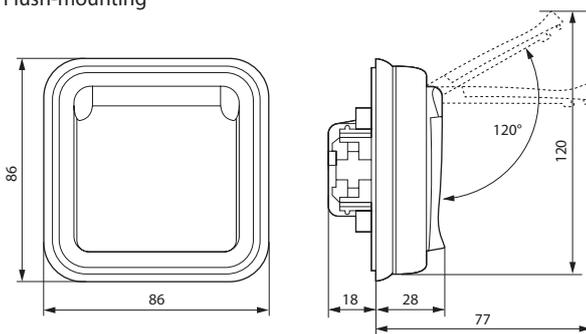
Composable



Surface mounting



Flush-mounting



#### 6. GENERAL CHARACTERISTICS

##### ■ 6.1 Protection index (shutter closed)

Protection against solid bodies and liquids: IP 55  
 Protection against impact: IK 07

##### ■ 6.2 Material characteristics

Box, support: PP (filled Polypropylene)  
 Plate, flap: ABS  
 Entry gland: PP + SEBS  
 Mechanism: PC  
 With antimicrobial\* treatment for Ref. 0 707 22/72/73.

#### 6. GENERAL CHARACTERISTICS (continued)

UV resistant.  
 Resistance to salt spray: 7 days (168 h)

Self-extinguishing:  
 + 850°C / 30 s for insulating components holding in place live parts.  
 + 650°C / 30 s for the other insulating components.

##### ■ 6.3 Electrical characteristics

Current: 16 A  
 Voltage: 250 V~  
 Frequency: 50 Hz

##### ■ 6.4 Climatic characteristics

Storage temperature: - 25° C to +70° C  
 Use temperature: - 25° C to + 40° C

#### 7. CLEANING

Surfaces may be cleaned using a cloth, either dry or with soapy water.  
 Do not use acetone, spirits or trichloroethylene.

**Caution:** Conduct preliminary tests before using any specific cleaning product.

#### 8. COMPLIANCES AND APPROVALS

Compliance with standards of installation and manufacturing.  
 Refer to e.catalogue.

\* Contains a silver compound to antagonize the growth of bacteria on the surface.

# Evaluación de cortocircuitos y ejemplo de cálculo

La determinación de los valores de cortocircuito en todos los puntos de una instalación es fundamental para la elección del material. Se empieza por evaluar dicho valor en el origen de la instalación, y después en cualquier punto según diversos métodos cuya elección depende de la importancia de la instalación, de los datos disponibles, del tipo de comprobación a efectuar...



- El método de las impedancias consiste en totalizar las resistencias y reactancias de los bucles de fallo desde la fuente hasta el punto considerado y en calcular la impedancia equivalente. De ese modo, se deducen las diferentes corrientes de cortocircuito y de fallo aplicando la ley de Ohm. Este método es utilizable sobre todo cuando se conocen todas las características de los elementos que constituyen los bucles.
- El método convencional se basa en la hipótesis de que durante un fallo, la tensión en el origen del circuito es igual al 80% de la tensión nominal de la instalación. Se utiliza cuando no se conoce el cortocircuito en el origen del circuito ni las características anteriores a la instalación. Permite determinar los cortocircuitos mínimos y establecer los cuadros de longitudes máximas protegidas (véanse los capítulos II.A.3 y II.A.4). Es válido para los circuitos alejados de la fuente y no es aplicable en instalaciones alimentadas con alternadores.
- El método de composición se utiliza cuando se conoce el cortocircuito en el origen del circuito, pero no las características anteriores a la instalación. Permite determinar los cortocircuitos máximos en cualquier punto de esta última.

## 1 VALOR DE CORTOCIRCUITO EN EL ORIGEN DE LA INSTALACIÓN

### 1 Alimentación con transformador AT/BT

En caso de alimentación con un transformador AT/BT, debe considerarse no solo la impedancia del transformador, sino también la de la red AT anterior.

- Impedancia de la red AT
- La impedancia de la red AT, contemplada desde el lado BT, puede obtenerse del distribuidor, y medirse o calcularse a partir de las siguientes fórmulas:

$$Z_Q = \frac{(m \times U_n)^2}{S_{kQ}} \quad (\text{en } m\Omega)$$

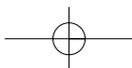
$m$ : factor de carga en vacío tomado igual a 1,05

$U_n$ : tensión nominal de la instalación entre fases, en V

$S_{kQ}$ : potencia de cortocircuito de la red AT, en kVA.

En ausencia de datos precisos referentes al distribuidor de energía, la norma CEI 909 dice que se calculen las resistencias y reactancias como sigue:

$R_Q = 0,1 \times X_Q$  et  $X_Q = 0,995 \times Z_Q$  (valores en  $m\Omega$ ).



## II.A.5 / EVALUACIÓN DE CORTOCIRCUITOS Y EJEMPLO DE CÁLCULO

VALOR DE CORTOCIRCUITO EN EL ORIGEN DE LA INSTALACIÓN

### • Impedancia del transformador

$m$ : factor de carga en vacío, tomado igual a 1,05

$U_n$ : tensión nominal de la instalación entre fases, en V

$S_{Tr}$ : potencia asignada del transformador, en kVA

$U_{cc}$ : tensión de cortocircuito del transformador, en %

Los valores de las resistencias y de las reactancias vienen determinados a veces por el constructor. En caso contrario, pueden calcularse utilizando las siguiente fórmulas:

$$R_{Tr} = 0,31 \times Z_{Tr} \text{ et } X_{Tr} = 0,95 \times Z_{Tr}$$

(valores en  $m\Omega$ )

Los siguientes cuadros proporcionan los valores de resistencias, reactan-

cias y cortocircuitos trifásicos máximos (impedancia AT nula) para los transformadores sumergidos y secos. NB: Los valores de cortocircuito que figuran en los catálogos de los constructores pueden ser ligeramente inferiores, ya que generalmente se calculan para una tensión de 410 V.

**Transformadores trifásicos sumergidos en un dieléctrico líquido.**  
Valores calculados para una tensión en vacío de 420 V

S (kVA)	50	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
In (A)	69	137	220	275	344	433	550	687	866	1 100	1 375	1 718	2 200	2 749	3 437
Ucc (%)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
I <sub>CC3</sub> (kA)	1,81	3,61	5,78	7,22	9,03	11,37	14,44	18,05	22,75	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R <sub>TR</sub> (mΩ)	43,75	21,9	13,7	10,9	8,75	6,94	5,47	4,38	3,47	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X <sub>TR</sub> (mΩ)	134,1	67	41,9	33,5	26,8	21,28	16,76	13,41	10,64	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02

**Transformadores secos trifásicos.**  
Valores calculados para una tensión en vacío de 420 V

S (kVA)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1 000	1 250	1 600	2 000	2 500
In (A)	137	220	344	344	433	550	687	866	1 100	1 375	1 718	2 199	2 479	3 437
Ucc (%)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
I <sub>CC3</sub> (kA)	2,41	3,85	4,81	6,02	7,58	9,63	12,04	15,17	19,26	24,07	30,09	38,52	48,15	60,18
R <sub>TR</sub> (mΩ)	32,8	20,5	16,4	13,1	10,42	8,2	6,56	5,21	4,10	3,28	2,63	2,05	1,64	1,31
X <sub>TR</sub> (mΩ)	100	62,8	50,3	40,2	31,9	25,1	20,11	15,96	12,57	10,05	8,04	6,28	5,03	4,02



### Transformadores en paralelo

Para garantizar el buen funcionamiento de los transformadores en paralelo, deben comprobarse las siguientes condiciones:

- mismo índice de transformación en todas las tomas
- mismo índice horario
- misma tensión de cortocircuito (tolerancia 10%)
- índice de potencias asignadas comprendido entre 0,5 y 2

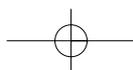
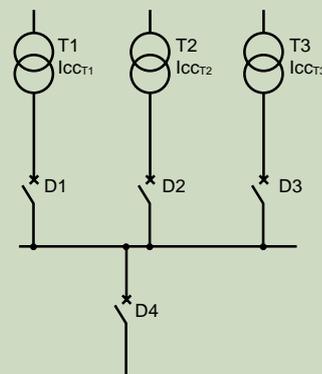
Determinación del poder de corte de los aparatos

- Poder de corte de un interruptor automático de fuente (por ej., interruptor automático D1)

Debe ser al menos igual al valor más elevado entre el del cortocircuito máximo ( $I_{CC1}$ ) generado por el transformador T1 (caso de un cortocircuito posterior a D1) y la suma de todos los cortocircuitos ( $I_{CC2} + I_{CC3}$ ), generados por los otros transformadores acoplados (caso de un cortocircuito antes del interruptor automático D1).

- Poder de corte de un interruptor automático de salida (por ej., interruptor automático D4)

Debe ser al menos igual a la suma de todos los cortocircuitos máximos generados por todos los transformadores acoplados ( $I_{CC1} + I_{CC2} + I_{CC3}$ ).



## 2 Alimentación a través de un alternador

Los valores de corriente de cortocircuito pueden calcularse del siguiente modo:

$$I_{CC3} = \frac{c \times m \times U_0}{X'd}$$

$$I_{CC2} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{CC3}$$

$$I_{CC1} = \frac{3 \times c \times m \times U_0}{2 \times X'd + X_0}$$

$$X'd = \frac{U_n^2}{S_G} \times \frac{x'd}{100}$$

(reactancia transitoria, en  $m\Omega$ ) y

$$X_0 = \frac{U_n^2}{S_G} \times \frac{x_0}{100}$$

(reactancia homopolar, en  $m\Omega$ )

$m$ : factor de carga en vacío, tomado igual a 1,05

$c$ : factor de tensión, tomado igual a 1,05 para los valores máximos y a 0,95 para los valores mínimos

$U_n$ : tensión nominal entre fases, en V

$U_0$ : tensión entre fase y neutro, en V

$S_G$ : potencia del alternador, en kVA

$x'a$ : reactancia transitoria, en %, tomada igual al 30% a falta de información más precisa

$x_0$ : reactancia homopolar, en %, tomada igual al 6% a falta de información más precisa.



Debido a su elevada impedancia interna, los alternadores generan corrientes de cortocircuito mucho más débiles que las generadas por transformadores de potencia equivalente.

Los poderes de corte de los aparatos de protección serán más pequeños pero, en contrapartida, la protección contra cortocircuitos y contactos indirectos será más difícil de obtener.

El desarrollo de un cortocircuito que aparece en los bornes de un alternador puede descomponerse en tres periodos:

- período subtransitorio: de 10 a 20 ms, durante el cual el nivel de cortocircuito es el más elevado ( $> 5 I_n$ )
- período transitorio: hasta 200 a 300 ms, durante el cual el cortocircuito es del orden de 3 a 5  $I_n$
- el nivel de cortocircuito se estabiliza a continuación a un nivel que puede ir de 0,3 a 5  $I_n$  en función del tipo de excitación del alternador.



## II.A.5 / EVALUACIÓN DE CORTOCIRCUITOS Y EJEMPLO DE CÁLCULO

VALOR DE CORTOCIRCUITO EN EL ORIGEN DE LA INSTALACIÓN - VALORES DE CORTOCIRCUITO EN CUALQUIER PUNTO DE LA INSTALACIÓN

### Niveles de cortocircuitos trifásicos máximos de un alternador en función de su potencia ( $U_n = 400\text{ V}$ y $x'd = 30\%$ )

P (kVA)	100	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250
$I_{cc3max}$ (kVA)	0,53	0,85	1,06	1,33	1,67	2,12	2,65	3,34	4,24	5,30	6,63



En los alternadores, puede ocurrir que el valor del cortocircuito bifásico sea inferior al del cortocircuito monofásico. En tal caso, es este valor de cortocircuito bifásico ( $I_{cc2}$ ) el que debe tenerse en cuenta para los cálculos que requieren un valor de cortocircuito mínimo (longitudes de líneas, protección contra contactos indirectos...).



Cuando una instalación se alimenta a través de varios tipos de fuentes diferentes, por ejemplo por medio de uno o varios transformadores como fuente normal y un generador de sustitución (o emergencia), los aparatos de protección han de estar adaptados a las características de los diferentes tipos de fuentes.

Los cálculos de cortocircuitos máximos se realizan comparando el nivel de cortocircuito máximo que pueden generar todas las fuentes susceptibles de funcionar simultáneamente, y utilizando el valor más elevado. Se trata generalmente de transformadores en paralelo.

Los cálculos de cortocircuitos mínimos se realizan comparando el nivel de cortocircuito mínimo generado por cada una de las fuentes, y utilizando el valor mínimo.

## 2 VALORES DE CORTOCIRCUITO EN CUALQUIER PUNTO DE LA INSTALACIÓN

### 1 Método de las impedancias

Con este método, se puede determinar el valor de un cortocircuito en cualquier punto de la instalación totalizando las resistencias y las reactancias de bucle de fallo desde la fuente hasta el punto en cuestión y calculando la impedancia equivalente.

Los valores de cortocircuito se calculan

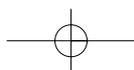
entonces aplicando la ley de Ohm (fórmula general):

$$I_{cc} = \frac{c \times m \times U_0}{Z_{cc}} = \frac{c \times m \times U_0}{\sqrt{\sum R^2 + \sum X^2}}$$

$c$ : factor de tensión tomado igual a 0,95 para los cortocircuitos mínimos y a 1,05 para los cortocircuitos máximos  
 $m$ : factor de carga, tomado igual a 1,05

$U_0$ : tensión de la instalación entre fase y neutro, en V

$Z_{cc}$ : impedancia total del bucle de fallo en el punto considerado. Es la suma vectorial de las resistencias y reactancias que componen el bucle.





Los diferentes tipos de cortocircuitos máximos y mínimos se deducen a partir de la fórmula general.

- **Corriente de cortocircuito trifásico:**

$$I_{CC3\max} = \frac{c_{\max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{PhA} + \rho_0 \frac{L}{S_{Ph} \times n_{Ph}}\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{PhA} + \lambda \frac{L}{n_{Ph}}\right)^2}}$$

- **Corriente de cortocircuito bifásico:**

$$I_{CC2\max} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_{CC3\max}$$

Para calcular el valor mínimo del cortocircuito bifásico, hay que sustituir:

- $\rho_0$  por  $\rho_1$  para una protección mediante interruptor automático, o por  $\rho_2$  para una protección por fusible
- $C_{\max}$  por  $C_{\min}$ .

- **Corriente de cortocircuito monofásico fase - neutro:**

$$I_{CC1\max} = \frac{c_{\max} \times m \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{PhA} + R_{NA} + \rho_0 \times L \left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_N \times n_N}\right)\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{PhA} + X_{NA} + \lambda \left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_N}\right)\right)^2}}$$

Para calcular el valor mínimo del cortocircuito bifásico, hay que sustituir:

- $\rho_0$  por  $\rho_1$  para una protección mediante disyuntor, o por  $\rho_2$  para una protección con fusible
- $C_{\max}$  por  $C_{\min}$ .

#### Corriente de fallo:

$$I_d = \frac{c_{\min} \times m \times \alpha \times U_0}{\sqrt{\left(R_Q + R_S + R_{PhA} + R_{PEA} + \rho_1 \times L \left(\frac{1}{S_{Ph} \times n_{Ph}} + \frac{1}{S_{PE} \times n_{PE}}\right)\right)^2 + \left(X_Q + X_S + X_{PhA} + X_{PEA} + \lambda \left(\frac{1}{n_{Ph}} + \frac{1}{n_{PE}}\right)\right)^2}}$$

$C_{\max}$ ,  $C_{\min}$ : factor de tensión, tomado igual a 0,95 ( $C_{\min}$ ) para los cortocircuitos mínimos y a 1,05 ( $C_{\max}$ ) para los cortocircuitos máximos

$m$ : factor de carga, tomado igual a 1,05

$a$ : 1 en el esquema TN, 0,86 en el IT sin neutro y 0,5 en el IT con neutro

$U_0$ : tensión de la instalación entre fase y neutro, en V

$R_Q$ ,  $X_Q$ : resistencia y reactancia equivalentes de la red de HT

$R_S$ ,  $X_S$ : resistencia y reactancia equivalentes de la fuente

$R_{PhA}$ ,  $X_{PhA}$ : resistencia y reactancia de un conductor de fase desde la fuente hasta el origen del circuito considerado

$R_{NA}$ ,  $X_{NA}$ : resistencia y reactancia de un conductor de neutro desde la fuente hasta el origen del circuito considerado

$R_{PEA}$ ,  $X_{PEA}$ : resistencia y reactancia de un conductor de protección desde la fuente hasta el origen del circuito considerado

$\rho_0$ ,  $\rho_1$ ,  $\rho_2$ : resistividad de los conductores (véase el cuadro de la página siguiente)

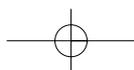
$\lambda$ : reactancia lineal de los conductores (véase el cuadro de la página siguiente)

$L$ : longitud del circuito considerado, en m

$S_{Ph}$ ,  $n_N$ : sección y número de conductores en paralelo por fase del circuito considerado

$S_N$ ,  $n_N$ : sección y número de conductores en paralelo para el neutro del circuito considerado

$S_{PE}$ ,  $n_{PE}$ : sección y número de conductores en paralelo para el PE del circuito considerado



**II.A.5 / EVALUACIÓN DE CORTOCIRCUITOS Y EJEMPLO DE CÁLCULO**  
 VALORES DE CORTOCIRCUITO EN CUALQUIER PUNTO DE LA INSTALACIÓN

Las impedancias de los cables se calculan mediante las siguientes fórmulas:

$$R = \rho \times 10^3 \frac{L}{n_c \times S_c} \quad (\text{en m}\Omega)$$

$\rho$ : resistividad del conductor, en  $\Omega \text{ mm}^2 / \text{m}$  (véase el cuadro adjunto)  
 $S_c$ : sección del conductor, en  $\text{mm}^2$   
 $n_c$ : número de conductores en paralelo  
 $L$ : longitud del conductor, en m

$$X = \lambda \frac{L}{n_c} \quad (\text{en m}\Omega)$$

$\lambda$ : reactancia lineal del conductor, en  $\text{m}\Omega / \text{m}$  (véase el cuadro adjunto)  
 $S_c$ : sección del conductor, en  $\text{mm}^2$   
 $n_c$ : número de conductores en paralelo  
 $L$ : longitud del conductor, en m.

**Resistividad de los conductores a utilizar en función del tipo de cortocircuito calculado ( $\rho_0$ : resistividad de los conductores a 20 °C)**

Fallo	Resistividad	Conductor Cu ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )	Conductor Al ( $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ )
lcc máxima	$\rho_0$	0,01851	0,0294
lcc mínima	Interruptor $\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,02314	0,0368
	Fusible $\rho_1 = 1,5 \rho_0$	0,02777	0,0441
Id	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,02314	0,0368
Requisitos térmicos	$\rho_1 = 1,25 \rho_0$	0,02314	0,0368

**Reactancia lineal de los conductores a utilizar en función del tipo de cable y de su modo de montaje**

Cables y montajes	Reactancia lineal $\lambda$ (m $\Omega / \text{m}$ )
Cables multiconductores o monoconductores trenzados	0,08
Cables monoconductores contiguos en capa	0,09
Cables monoconductores separados por más de un diámetro	0,13

**2 Método de composición**

Este método es una aproximación simplificada. Conociendo la corriente del cortocircuito trifásico en el origen de la instalación (véase el párrafo anterior), permite evaluar la corriente de cortocircuito presumible  $I_{cc3}$  en el extremo de una canalización de longitud y sección dadas. Este método se aplica a instalaciones cuya potencia no sobrepasa los 800 kVA.

La corriente máxima de cortocircuito en cualquier punto de la instalación se determina mediante el cuadro de la página siguiente, partiendo:

- del valor de cortocircuito presumible en cabeza de instalación
- de la longitud de la línea
- de la naturaleza y sección de los conductores.





## AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)

C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1

N° DoP 1003887



DESCÁRGATE la DoP  
 (declaración de prestaciones)  
<https://es.prysmiangroup.com/dop>



No propagación de la llama  
 UNE-EN 60332-1-2  
 IEC 60332-1-2



No propagación de incendio  
 UNE-EN 50399  
 UNE-EN 60332-3-24  
 IEC 60332-3-24



Libre de halógenos  
 UNE-EN 60754-2  
 UNE-EN 60754-1  
 IEC 60754-2  
 IEC 60754-1



Baja emisión de gases tóxicos  
 UNE-EN 60754-2  
 NFC 20454. It=1  
 DEF-STAN 02-713



Baja emisión de humos  
 UNE-EN 50399



Baja opacidad de humos  
 UNE-EN 61034-2  
 IEC 61034-2



Baja emisión de gases corrosivos  
 UNE-EN 60754-2  
 IEC 60754-2  
 NFC 20453



Baja emisión de calor  
 UNE-EN 50399



Reducido Desprendimiento De gotas / partículas Inflamadas  
 UNE-EN 50399



Resistencia al frío



Cable flexible



Alta seguridad



Ultra deslizante

- Temperatura de servicio: -25 °C, +70 °C (Cable termoplástico).
- Ensayo de tensión alterna durante 5 min: 2000 V para E505Z1-K TYPE 2 (AS) y 2500 V para H07Z1-K TYPE 2 (AS)

## Reacción al fuego

## Prestaciones frente al fuego en la Unión Europea:

- Clase de reacción al fuego (CPR): C<sub>ca</sub>-s1b,d1,a1.
- Requerimientos de fuego: UNE-EN 50575:2014 + A1:2016.
- Clasificación respecto al fuego: UNE-EN 13501-6.
- Aplicación de los resultados: CLC/TS 50576.
- Métodos de ensayo:  
 UNE-EN 60332-1-2; UNE-EN 50399;  
 UNE-EN 60754-2; UNE-EN 61034-2.

### Normativa de fuego completa (incluidas normas aplicables a países no pertenecientes a la Unión Europea):

- No propagación de la llama:  
 UNE-EN 60332-1-2; IEC 60332-1-2.

- No propagación del incendio:  
 UNE-EN 50399; UNE-EN 60332-3-24; IEC 60332-3-24.
- Libre de halógenos:  
 UNE-EN 60754-2; UNE-EN 60754-1;  
 IEC 60754-2; IEC 60754-1.
- Reducida emisión de gases tóxicos:  
 UNE-EN 60754-2; NFC 20454; DEF STAN 02-713.
- Baja emisión de humos:  
 UNE-EN 50399.
- Baja opacidad de humos:  
 UNE-EN 61034-2; IEC 61034-2.
- Baja emisión de gases corrosivos:  
 UNE-EN 60754-2; IEC 60754-2; NFC 20453.
- Baja emisión de calor:  
 UNE-EN 50399.
- Reducido desprendimiento de gotas/partículas inflamadas:  
 UNE-EN 50399.

## AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)

**Máxima deslizabilidad**

Supone hasta un 25% de ahorro en el tiempo de instalación y la cuarta parte de esfuerzo de tracción. Además, esa mayor deslizabilidad y menor esfuerzo de tracción supone una mayor garantía de seguridad para la instalación, ya que el aislamiento no se deteriora durante la tracción en el proceso de inserción del cable en la canalización.

**Aplicaciones**

Cable extradeslizante especialmente adecuado para instalaciones en locales de pública concurrencia: salas de espectáculos, centros comerciales, escuelas, hospitales, edificios de oficinas, pabellones deportivos, etc.

En centros informáticos, aeropuertos, naves industriales, parkings, túneles de carreteras, locales de difícil ventilación y/o evacuación, etc.

En toda instalación donde el riesgo de incendio no sea despreciable como por ejemplo: instalaciones en montaje superficial, canalizaciones verticales en edificios, etc. o donde se requieran las mejores propiedades frente al fuego y/o la ecología de los productos de construcción:

- Derivaciones individuales (ITC-BT 15).
- Instalaciones interiores o receptoras (ITC-BT 20).
- Locales de pública concurrencia (ITC-BT 28).
- Cableado interior de cuadros (ITC-BT 28).
- Locales con riesgo de incendio o explosión (adecuadamente canalizado) (ITC-BT 29).
- Industrias (Reglamento de Seguridad contra Incendios en los Establecimientos Industriales R.D. 2267/2004).
- Edificios en general (Código Técnico de la Edificación, R.D. 314/2006, art. 11).

**Construcción****1. Conductor**

**Metal:** cobre recocido.

**Flexibilidad:** flexible, clase 5, según UNE EN 60228.

**Temperatura máxima en el conductor:** 70 °C en servicio permanente, 160 °C en cortocircuito.

**2. Aislamiento**

**Material:** mezcla especial termoplástica, cero halógenos, tipo AFUMEX TI 7 según EN 50363-7.

**Colores:** Amarillo/verde, azul, blanco, gris, marrón, rojo y negro.

## AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS)



Tensión asignada: 450/750 V  
 Norma diseño: UNE 211002; UNE-EN 50525-3-31  
 Designación genérica: H07Z1-K TYPE 2 (AS)



## Datos técnicos

Número de conductores x sección (mm <sup>2</sup> )	Espesor de aislamiento (mm) (1)	Diámetro exterior (mm) (1)	Peso (kg/km) (1)	Resistencia del conductor a 20 °C (Ω/km)	Intensidad admisible al aire (2) (A)	Caída de tensión (V/A km) (2)	
						cos Φ = 1	cos Φ = 0,8
1x1,5	0,7	3,4	20	13,3	14,5	28,84	23,22
1x2,5	0,8	4,1	32	7,98	20	17,66	14,25
1x4	0,8	4,8	46	4,95	26	10,99	8,91
1x6	0,8	5,3	65	3,30	34	7,34	5,99
1x10	1,0	6,8	111	1,91	46	4,36	3,59
1x16	1,0	8,1	164	1,21	63	2,74	2,29
1x25	1,2	10,2	255	0,78	82	1,73	1,48
1x35	1,2	11,7	351	0,554	101	1,25	1,09
1x50	1,4	13,9	520	0,386	122	0,92	0,84
1x70	1,4	16,0	700	0,272	155	0,64	0,61
1x95	1,6	18,2	920	0,206	187	0,46	0,46
1x120	1,6	20,2	1130	0,161	216	0,36	0,38
1x150	1,8	22,5	1410	0,127	247	0,29	0,33
1x185	2,0	20,6	1770	0,106	281	0,26	0,28
1x240	2,2	28,4	2300	0,0801	330	0,18	0,24

(1) Valores aproximados.

(2) Instalación monofásica bajo tubo o conducto empotrada en pared de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) o bajo tubo o conducto en montaje superficial.

→ PVC2 con instalación tipo B1 → columna 6a de UNE-HD 60364-5-52 e IEC 60364-5-52.

Caídas de tensión monofásicas. Para valores trifásicos dividir por 1,15.

## 2.1.2. Intensidades admisibles y métodos de instalación

El paso del tiempo ha demostrado que había excesiva simplificación para la diversidad de modos de instalaciones eléctricas en edificios, que se utilizan en la práctica, lo que hacía necesarias unas tablas de cargas más ajustadas a la realidad.

Esta necesidad motivó la publicación de la norma UNE 20460 - "Instalaciones Eléctricas en Edificios", que es una adaptación del Documento de Armonización del CENELEC HD-384 que, a su vez, se corresponde con la recomendación del Comité Electrotécnico Internacional IEC 364. Las intensidades admisibles para cables en instalaciones en edificios se venían recogiendo en la norma UNE 20460-5-523 hasta que en 2014 fue publicada la UNE-HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52) que es la versión actualmente vigente y de aplicación según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), ITC-BT 19. Las intensidades admisibles de los cables descritos en este apartado se ajustan al contenido de la norma en vigor.

**NOTA:** En este catálogo figuran tablas en las que se alude a cables tripolares o a tres cables unipolares. Por cable tripolar se entiende cable multiconductor con 3 conductores cargados (típicamente en trifásica). Así por ejemplo un cable 5G16 en una instalación trifásica es un cable tripolar a efectos de las tablas de cargas porque, salvo influencia significativa de los armónicos, sólo llevará cargados los conductores de las 3 fases.

Cuando se habla de tres cables unipolares, análogamente nos referimos a una línea con 3 cables activos de un solo conductor, al margen de que en el circuito haya otros conductores considerados no activos (neutro sin armónicos y/o "tierra").



Cable unipolar



Cable multipolar (5 conductores) para trifásica (3 conductores activos si la línea está exenta de armónicos).

### Modos de instalación

La tabla A.52.3 de la norma UNE HD 60364-5-52 (IEC 60364-5-52), relaciona los "modos de instalación", haciéndolos corresponder a unas instalaciones "tipo", cuya capacidad de disipación del calor generado por las pérdidas es similar a aquellos, por lo que se pueden agrupar en una determinada tabla de cargas común (tabla C.52.1 bis) para todos los modos que se adaptan a la misma instalación tipo.

**Tabla A.52.3**  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo"

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
1		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en paredes térmicamente aislantes.	A1

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

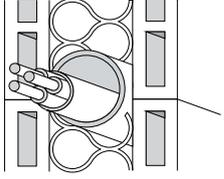
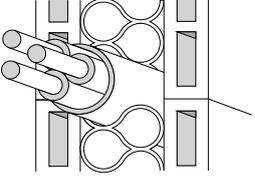
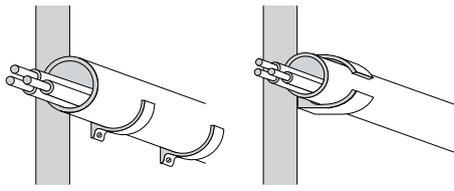
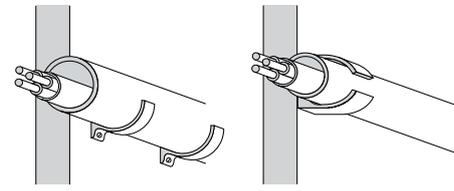
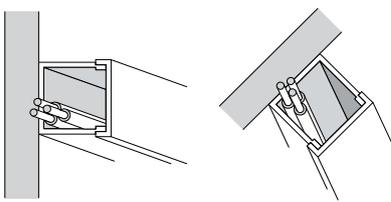
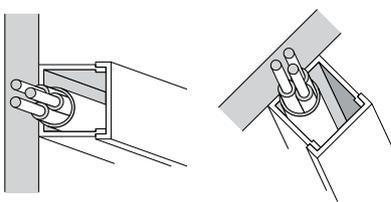
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
2		Cable multiconductor en conductos empotrados en una pared térmicamente aislante.	A2
3		Cable multiconductor empotrado directamente en una pared térmicamente aislante.	A1
4		Conductores aislados o cable unipolar en conductos sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciados de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del tubo.	B1
5		Cable multiconductor en conducto sobre pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...), no espaciado de ella a una distancia inferior a 0,3 veces el diámetro del conducto.	B2
6 7		Conductores aislados o cables unipolares en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B1
8 9		Cable multiconductor en canal protectora fijada sobre una pared de madera o de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...): • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	B2

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

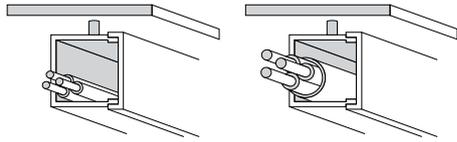
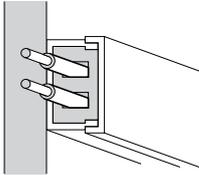
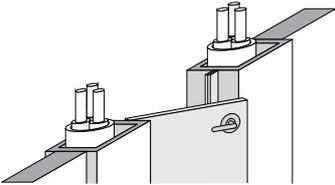
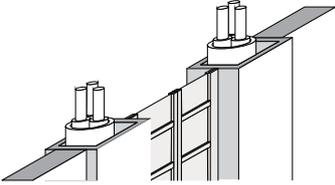
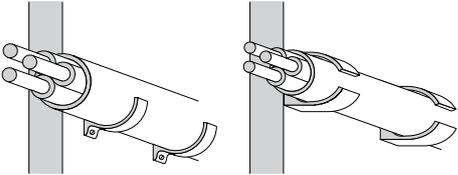
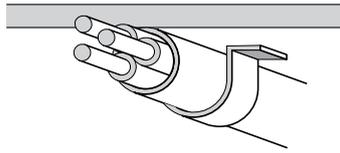
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
10 11		Conductores aislados en canal protectora suspendida. Cable multiconductor en canal protectora suspendida.	B1 B2
12		Conductores aislados o cables unipolares en molduras.	A1
15		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en arquitrave.	A1
16		Conductores aislados en conductos o cables unipolares o multipolares en los marcos de ventana.	A1
20		Cables unipolares o multipolares fijados sobre una pared de madera o espaciados menos de 0,3 veces el diámetro del cable de la pared.	C
21		Cables unipolares o multipolares fijados bajo un techo de madera o mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	C

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

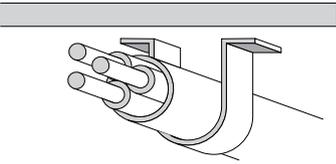
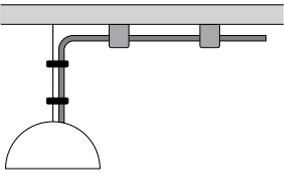
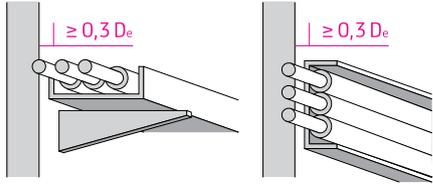
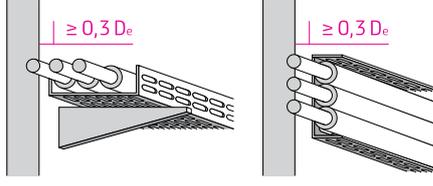
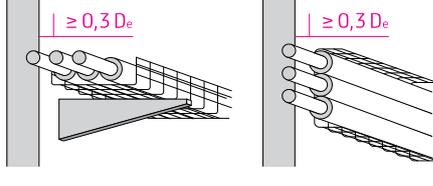
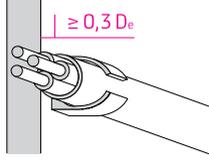
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
22		Cables unipolares o multipolares separados del techo.	En estudio (se recomienda E)
23		Instalación fija de un receptor suspendido.	C
30		Cables unipolares o multipolares sobre bandejas de cables no perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	C
31		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre bandejas perforadas: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
32		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre soportes o bandeja rejilla: • En recorrido horizontal. • En recorrido vertical.	E o F
33		Cables unipolares (F) o multipolares (E) separados de la pared más 0,3 veces el diámetro del cable.	E o F

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

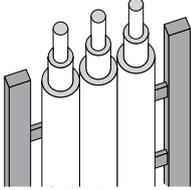
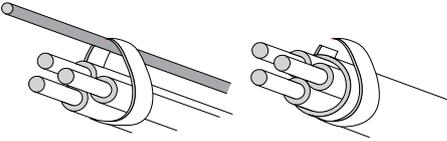
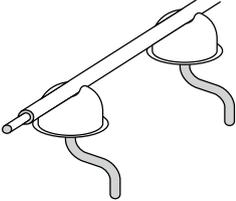
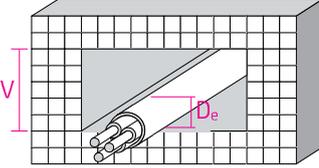
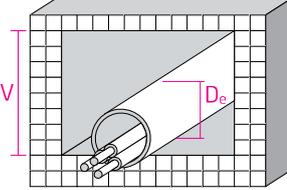
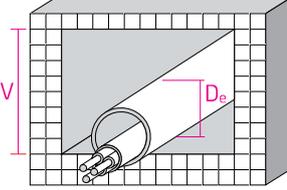
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
34		Cables unipolares (F) o multipolares (E) sobre escaleras de cables.	<b>E o F</b>
35		Cables unipolares (F) o multipolar (E) suspendido.	<b>E o F</b>
36		Conductores desnudos o aislados sobre aisladores.	<b>G</b>
40		Cables unipolares o multipolares en hueco de construcción.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5,0 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B1</b>
41		Conductores aislados en conductos circulares en hueco de construcción.	$1,5 D_o \leq V < 20 D_o$ <b>B2</b> $V < 20 D_o$ <b>B1</b>
42		Cables unipolares o multipolares en conductos circulares en hueco de construcción.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_o \leq V < 20 D_o$ <b>B2</b> $V < 20 D_o$ <b>B1</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

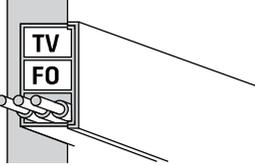
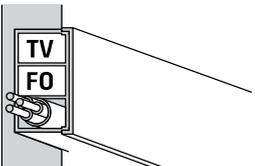
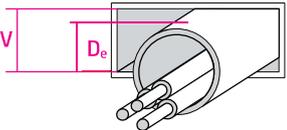
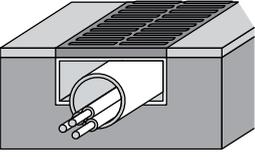
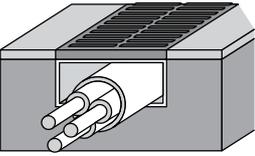
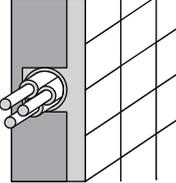
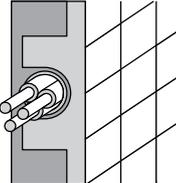
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
52		Conductores aislados o cables unipolares en canal empotrada	<b>B1</b>
53		Cable multiconductor en canal empotrada.	<b>B2</b>
54		Conductores aislados o cables unipolares en tubo en canal de obra, no ventilada, en recorrido horizontal o vertical.	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
55		Conductores aislados en tubo, en canal de obra abierta o ventilada en el suelo.	<b>B1</b>
56		Cables unipolares o multipolares en canal de obra abierta o ventilada de recorrido horizontal o vertical.	<b>B1</b>
57		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W sin protección mecánica complementaria.	<b>C</b>
58		Cables unipolares o multipolares empotrados directamente en las paredes o suelos de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad inferior a 2 K·m/W con protección mecánica complementaria.	<b>C</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

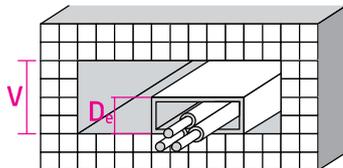
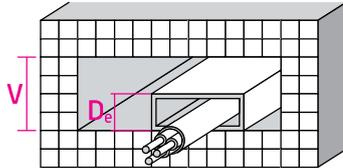
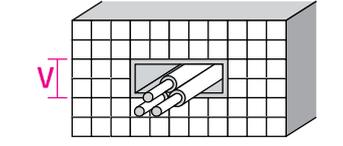
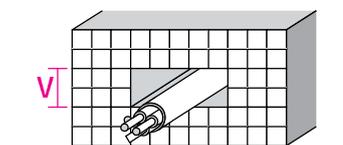
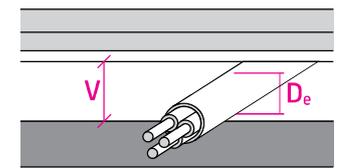
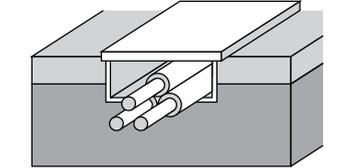
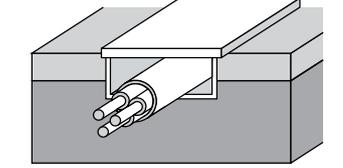
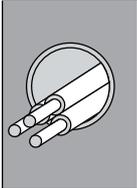
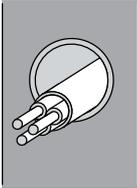
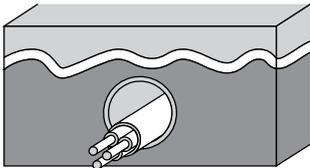
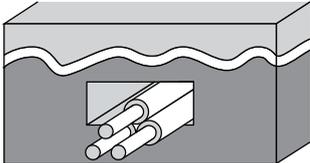
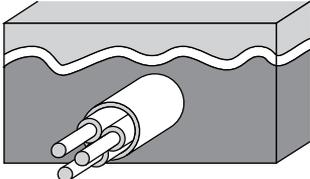
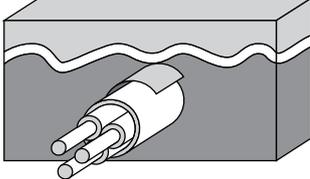
Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
43		Conductores aislados en conductos no circulares en hueco de construcción.	$1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
44		Cables unipolares o multipolares en conductos no circulares en vacíos de construcción.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
45		Conductores aislados en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5 D_e \leq V < 50 D_e$ <b>B1</b>
46		Cables unipolares o multipolares en conductos de sección no circular empotrados en mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...) de resistividad térmica no superior a 2 K·m/W.	En estudio. Puede usarse: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ <b>B2</b> $V \geq 20 D_e$ <b>B1</b>
47		Cables unipolares o multipolares en hueco en el techo o en los suelos suspendidos.	$1,5 D_e \leq V < 5 D_e$ <b>B2</b> $5 D_e \leq V < 50 D_e$ <b>B1</b>
50		Conductores aislados o cables B1 unipolares en canales empotrados en el suelo.	<b>B1</b>
51		Cable multiconductor en canales B2 51 empotrados en el suelo.	<b>B2</b>

Tabla A.52.3  
Métodos de instalación e instalaciones "tipo" (Continuación)

Elemento	Métodos de instalación	Descripción	Tipo
59		Conductores aislados o cables unipolares en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	B1
60		Cables multiconductores en conductos empotrados en pared o suelo de mampostería (ladrillo, hormigón, yeso...).	B2
70		Cable multiconductor en tubo o en conducto enterrado cerrado de sección no circular.	D1
71		Cables unipolares en tubo o en conducto enterrado.	D1
72		Cables unipolares o multipolares enterrados <i>sin</i> protección mecánica complementaria.	D2
73		Cables unipolares o multipolares enterrados <i>con</i> protección mecánica complementaria.	D2

Así pues, sólo habrá que considerar las tablas de carga de las diez instalaciones "tipo" (A1, A2, B1, B2, C, D1, D2, E, F y G) con las que se identificarán los distintos "métodos de instalación" mencionados.

Debe recordarse que el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT) denomina "conductores aislados" a los conductores aislados sin cubierta como, por ejemplo, los cables

### WIREPOL CPRO RÍGIDO, WIREPOL CPRO FLEXIBLE o AFUMEX CLASS 750 V (AS)

Se trata de cables que, en el mejor de los casos presentan un nivel de aislamiento de 450/750 V y siempre serán unipolares, lo que limita su campo de aplicación a su "instalación en conductos situados sobre superficies o empotrados, o en sistemas cerrados análogos".



Por otro lado, cuando se alude a los cables, se refiere siempre a conductores aislados con una cubierta adicional como, por ejemplo, los cables

### RETENAX CPRO FLEX o AFUMEX CLASS 1000 V (AS)

tanto unipolares como multipolares.



## 2.1.3. Intensidades admisibles

La posibilidad de empleo de uno u otro tipo de cable lo determinará el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, de acuerdo con las características de la instalación. Como se puede observar, la tabla C.52.1 bis - Intensidades admisibles (en A) al aire (40 °C) de la norma UNE-HD 60364-5-52 (2014), que se reproduce en la página 54, presenta 18 columnas entre las que, según cual sea el "tipo" de instalación al que se corresponda el "método de instalación" adoptado, el número de conductores cargados del circuito y la naturaleza del aislamiento, se tomará de la columna de cargas adecuada al caso que se trate.

Estas tablas se han confeccionado para las condiciones estándares de instalaciones al aire: un solo circuito a 40 °C de temperatura ambiente a la sombra y temperaturas máximas en el conductor de 70 °C para los aislamientos tipo termoplásticos, (PVC, poliolefinas Z1...) y de 90 °C para los termoestables, (XLPE, EPR, poliolefinas Z...).

Se observa que para instalaciones en el interior de edificios, no se distingue entre cables de tensión asignada 450/750 V ó 0,6/1 kV, ya que las resistividades térmicas de ambos son comparables y sólo varían de manera notable cuando se compara un "conductor aislado", que sólo tiene aislamiento, y un "cable" que dispone de aislamiento y cubierta, extremo que ya se ha tenido en cuenta al definir la instalación "tipo". Por tanto, para una determinada instalación "tipo", lo que define la tabla de cargas a considerar será el número de conductores activos, dos en monofásico o continua, o tres en trifásico, y la naturaleza del material aislante del conductor, termoplástico (PVC o de similar comportamiento térmico), o termoestable (XLPE o de

similar comportamiento térmico), que determina la temperatura máxima admisible en el conductor en régimen permanente.

Para elegir correctamente el tipo de cable en la tabla C.52.1 bis, hay que tener en cuenta la siguiente división entre cables termoplásticos (PVC) y termoestables (XLPE):

El número 2 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay dos conductores activos (típicamente fase y neutro de instalaciones monofásicas, el conductor de protección no se considera activo).

El número 3 posterior a PVC o XLPE indica que en la instalación hay tres conductores activos (típicamente las 3 fases en suministros trifásicos. El neutro y el conductor de protección no se consideran activos normalmente en este tipo de instalaciones). Existe una consideración especial para neutros cargados por la influencia de los armónicos; este aspecto viene detallado en el anexo E de la UNE-HD 60364-5-52 (2014).

## Cables termoplásticos (70 °C temperatura máxima en conductor)

<b>AFUMEX CLASS 500 V (AS)</b>	ES05Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS 750 V (AS)</b>	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS HAZ (AS)</b>	H07Z1-K TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS Paneles Rígido (AS)</b>	H07Z1-R TYPE 2 (AS)
<b>AFUMEX CLASS MÚLTIPLE 1000 V (AS)</b>	Z1Z1-K (AS)
<b>BLINDEX PROTECH 500 V (AS)</b>	Z1C4Z1-K (AS)
<b>BLINDEX PROTECH 1000 V (AS)</b>	Z1C4Z1-K (AS)
<b>WIREPOL CPRO Flex</b>	H05V-K / H07V-K
<b>WIREPOL CPRO Rígido</b>	H05V-U / H07V-U / H07V-R
<b>WIREPOL CPRO GAS</b>	H05VV-F
<b>SINTENAX CPRO AG</b>	H05VV-F
<b>SINTENAX CPRO 1000 V</b>	VV-K
<b>DATAx LiYCY CPRO</b>	LiYCY

## Cables termoestables (90 °C temperatura máxima en conductor)

<b>AFUMEX PANELES Flex</b>	H05Z-K / H07Z-K
<b>AFUMEX CLASS 1000 V (AS)</b>	RZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS MANDO (AS)</b>	RZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS FIRS (AS+)</b>	mRZ1-K (AS+)
<b>AFUMEX CLASS FIRS DETEC-SIGNAL (AS+)</b>	SOZ1-K (AS+)
<b>AFUMEX CLASS VARINET RZ1C4OZ1-K VFD 1 kV (AS)</b>	RZ1C4OZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS ATEX (AS)</b>	RZ1MZ1-K (AS)
<b>AFUMEX CLASS ATEX 2RH (AS)</b>	RZ1MZ1-K 2RH (AS)
<b>AFUMEX EXPO</b>	H07ZZ-F
<b>AL AFUMEX CLASS (AS)</b>	AL RZ1 (AS)
<b>PRYSMIAN PRYSOLAR</b>	H1Z2Z2-K
<b>TECSUN</b>	H1Z2Z2-K
<b>RETENAX CPRO Flex</b>	RV-K
<b>RETENAX CPRO Rígido</b>	RV (XV)
<b>RETENAX FLAM F</b>	RVFV
<b>FLEXTREME MAX</b>	H07RN-F / DN-F
<b>BUPRENO BOMBAS SUMERGIDAS</b>	DN-F BOMBAS SUMERGIDAS
<b>AL VOLTALENE FLAMEX CPRO (S)</b>	AL XZ1 (S)
<b>AL VOLTALENE FLAMEX XZ1 (AS)</b>	AL XZ1 (AS)
<b>AL POLIRRET CPRO</b>	AL RZ
<b>POLIRRET FERIECX CPRO</b>	RZ

Tabla C.52.1 bis

Intensidades admisibles en amperios al aire (40°C)

Método de instalación tipo según tabla 52-B2	Tipo de aislamiento térmico (XLPE o PVC) + número de conductores gargados (2 o 3) (temperatura máxima de los conductores en régimen permanente → 70 °C tipo PVC y 90 °C tipo XLPE)																		
A1				PVC3 (70 °C)						XLPE3 (90 °C)								XLPE2 (90 °C)	
A2		PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)			XLPE2 (90 °C)									
B1					PVC3 (70 °C)			PVC2 (70 °C)									XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)	
B2				PVC3 (70 °C)	PVC2 (70 °C)					XLPE3 (90 °C)							XLPE2 (90 °C)		
C								PVC3 (70 °C)				PVC2 (70 °C)				XLPE3 (90 °C)		XLPE2 (70 °C)	
D1/D2*	Ver siguiente tabla																		
E										PVC3 (70 °C)						PVC2 (70 °C)		XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)
F												PVC3 (70 °C)					PVC2 (70 °C)	XLPE3 (90 °C)	XLPE2 (90 °C)
	mm²	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13
Cobre	1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	25
	2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	34
	4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	46
	6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	59
	10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	82
	16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	110
	25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146
	35	72	77	86	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182
	50	86	94	103	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220
	70	109	118	130	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282
	95	131	143	156	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343
	120	150	164	179	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397
	150	171	188	196	224	236	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458
	185	194	213	222	256	268	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523
	240	227	249	258	299	315	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617
300	259	285	295	343	360	398	396	432	414	461	468	516	524	547	549	630	674	713	
Aluminio	2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	
	4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	
	6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	
	10	26	27	31	33	35	38	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60		
	16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	82
	25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110
	35				74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136
	50				90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167
	70				115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215
	95				140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262
	120				161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306
	150					187	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353
	185					212	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406
	240					248	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482
	300					285		313		331		366		400		429	462	494	558

NOTA: con fondo naranja figuran los valores que no se aplican en ningún caso. Los cables de aluminio no son termoplásticos (PVC2 o PVC3), ni suelen tener secciones inferiores a 16 (estos valores no son necesarios). Los valores con fondo azul no figuran en la tabla original. Han sido calculados con los criterios de la propia norma UNE-HD 60364-5-52. Los valores con fondo amarillo no figuran en la tabla original y no es posible calcularlos con la UNE-HD 60364-5-52, por lo que se ha recurrido al método de cálculo de la última versión internacional de la norma IEC 60364-5-52, que curiosamente no ha eliminado el método de cálculo como se ha hecho en la versión UNE-HD.

Tabla C.52.2 bis

Cables en tendidos enterrados directamente o bajo tubo. Temperatura 25 °C y resistividad térmica 2,5 K·m/W.

Métodos D1/D2	Sección (mm²)	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Cobre	PVC2	20	27	36	44	59	76	98	118	140	173	205	233	264	296	342	387
	PVC3	17	22	29	37	49	63	81	97	115	143	170	192	218	245	282	319
	XLPE2	24	32	42	53	70	91	116	140	166	204	241	275	311	348	402	455
	XLPE3	21	27	35	44	58	75	96	117	138	170	202	230	260	291	336	380
Aluminio	XLPE2	-	-	-	-	-	70	89	107	126	156	185	211	239	267	309	349
	XLPE3	-	-	-	-	-	58	74	90	107	132	157	178	201	226	261	295



## FLEXY PLUS EQUIPO DE CARGA 50 HZ

El equipo de carga Flexy Plus con alta tecnología de 50 hertzios es perfecto para requerimientos estándar básicos de un solo turno para baterías de tracción de plomo abierto. Con arranque, carga y parada totalmente automáticos.



### Áreas de aplicación

especial para requerimientos básicos de un solo turno para la carga de baterías de tracción plomo abierto

Tipo cargador	Curva de carga	Tiempo de carga
<b>flexy plus</b>	Wsa según ZVEI	10 – 14 h

### Sus ventajas

- Económico
- Comprobada tecnología
- Longevidad garantizada por su comprobada robustez
- Ahorro de energía por su alto coeficiente energético
- Muebles compactos y manejables

### Equipamiento estándar

- Softstart (para monofásicos)
- Indicadores de nivel de carga por LED
- Carga de igualación automática
- Carga de mantenimiento automática
- Chequeo automático

### Características tecnológicas del producto

- Curva de carga Wsa para reducir influencias de los cambios de tensión en la red
- Función de carga mejorada en baterías frías
- Equilibrador de amperios-hora con optimizador del factor de carga
- Carga de igualación automática
- Carga de mantenimiento automática
- Detección y tratamiento de baterías sulfatadas
- Cumplimiento de las directivas EMV y estándares EN
- Carátula resistente a ácidos

### Manejo e indicadores

- Arranque, carga y parada totalmente automático
- Durante la carga no es necesario ajustar o manipular
- Indicaciones de nivel de la carga precisa a través de LEDs
- Test de funciones automático para comprobar el correcto estado del cargador

### Seguridad

- Seguridad en la inversión de polaridad
- Chequeo automático de la batería antes de iniciar la carga (arranque de carga retardada)
- Control continuo de la batería durante la carga por comportamientos anormales
- Apagado automático del cargador al desconectar la batería
- Protector térmico para el control del aparato

Cargador muy robusto y resistente, con carga de igualación y mantenimiento automático

## FLEXY PLUS

Tiempos de carga según capacidad de la batería (Ah/5h) en horas aprox.			Datos del cargador							
Voltaje	Batería de tracción Pzs, PzB con Wsa		Tipo de cargador	Tensión de red	Potencia de conexión	Toma de red	Calibre fusibles (lento)	Cable de red y conector mm <sup>2</sup>	Mueble	Peso Kg.
	10 - 12 h	12- 14 h								
24 V	120 - 160	161 - 199	<b>E 24 / 20</b>	E 230 V	0,8	3,2	10	1,5 Schuko	C0-4	17
	161 - 199	200 - 255	<b>E 24 / 25</b>	E 230 V	0,9	3,9	10	1,5 Schuko	C0-4	18
	200 - 255	256 - 290	<b>E 24 / 30</b>	E 230 V	1,1	4,7	10	1,5 Schuko	C0-4	19
	256 - 290	291 - 320	<b>E 24 / 35</b>	E 230 V	1,3	5,5	10	1,5 Schuko	C0-4	21
	291 - 320	321 - 375	<b>E 24 / 40</b>	E 230 V	1,5	6,5	10	1,5 Schuko	C1-4	23
	321 - 375	376 - 420	<b>E 24 / 45</b>	E 230 V	1,6	7,0	10	1,5 Schuko	C1-4	25
	376 - 420	421 - 480	<b>E 24 / 50</b>	E 230 V	1,9	8,2	16	1,5 Schuko	C1-4	26
	421 - 480	481 - 560	<b>E 24 / 60</b>	E 230 V	2,2	9,5	16	1,5 Schuko	C1-4	27
	481 - 560	561 - 680	<b>E 24 / 70</b>	E 230 V	2,6	11,3	16	1,5 Schuko	C10-4	37
	561 - 680	681 - 750	<b>E 24 / 80</b>	E 230 V	3,1	13,4	16	1,5 Schuko	C10-4	40
	681 - 750	751 - 870	<b>D 24 / 90</b>	D 400 V	3,3	4,7	10	1,5 CEE 16	C2-4	57
751 - 870	871 - 1000	<b>D 24 / 100</b>	D 400 V	3,8	5,4	10	1,5 CEE 16	C2-4	59	
871 - 1000	1001 - 1200	<b>D 24 / 125</b>	D 400 V	4,8	6,9	10	1,5 CEE 16	C2-4	61	

48 V	200 - 255	256 - 290	<b>E 48 / 30</b>	E 230 V	2,2	9,5	16	1,5 Schuko	C10-4	42
	256 - 290	291 - 320	<b>E 48 / 35</b>	E 230 V	2,6	11,2	16	1,5 Schuko	C10-4	45
	290 - 320	321 - 375	<b>E 48 / 40</b>	E 230 V	3,2	13,9	16	1,5 Schuko	C10-4	49
	321 - 375	376 - 420	<b>D 48 / 45</b>	D 400 V	3,4	5,0	10	1,5 CEE 16	C2-4	58
	376 - 420	421 - 480	<b>D 48 / 50</b>	D 400 V	3,6	5,2	10	1,5 CEE 16	C2-4	59
	421 - 480	481 - 560	<b>D 48 / 60</b>	D 400 V	4,4	6,3	10	1,5 CEE 16	C2-4	62
	481 - 560	561 - 680	<b>D 48 / 70</b>	D 400 V	5,2	7,5	10	1,5 CEE 16	C2-4	66
	561 - 680	681 - 750	<b>D 48 / 80</b>	D 400 V	6,0	8,6	16	1,5 CEE 16	C2-4	68
	681 - 750	751 - 870	<b>D 48 / 90</b>	D 400 V	6,9	10,0	16	1,5 CEE 16	C2-4	71
	751 - 870	871 - 1000	<b>D 48 / 100</b>	D 400 V	7,4	10,6	16	1,5 CEE 16	C2-4	80
871 - 1000	1001 - 1200	<b>D 48 / 125</b>	D 400 V	9,0	13,0	16	1,5 CEE 16	C3-4	86	

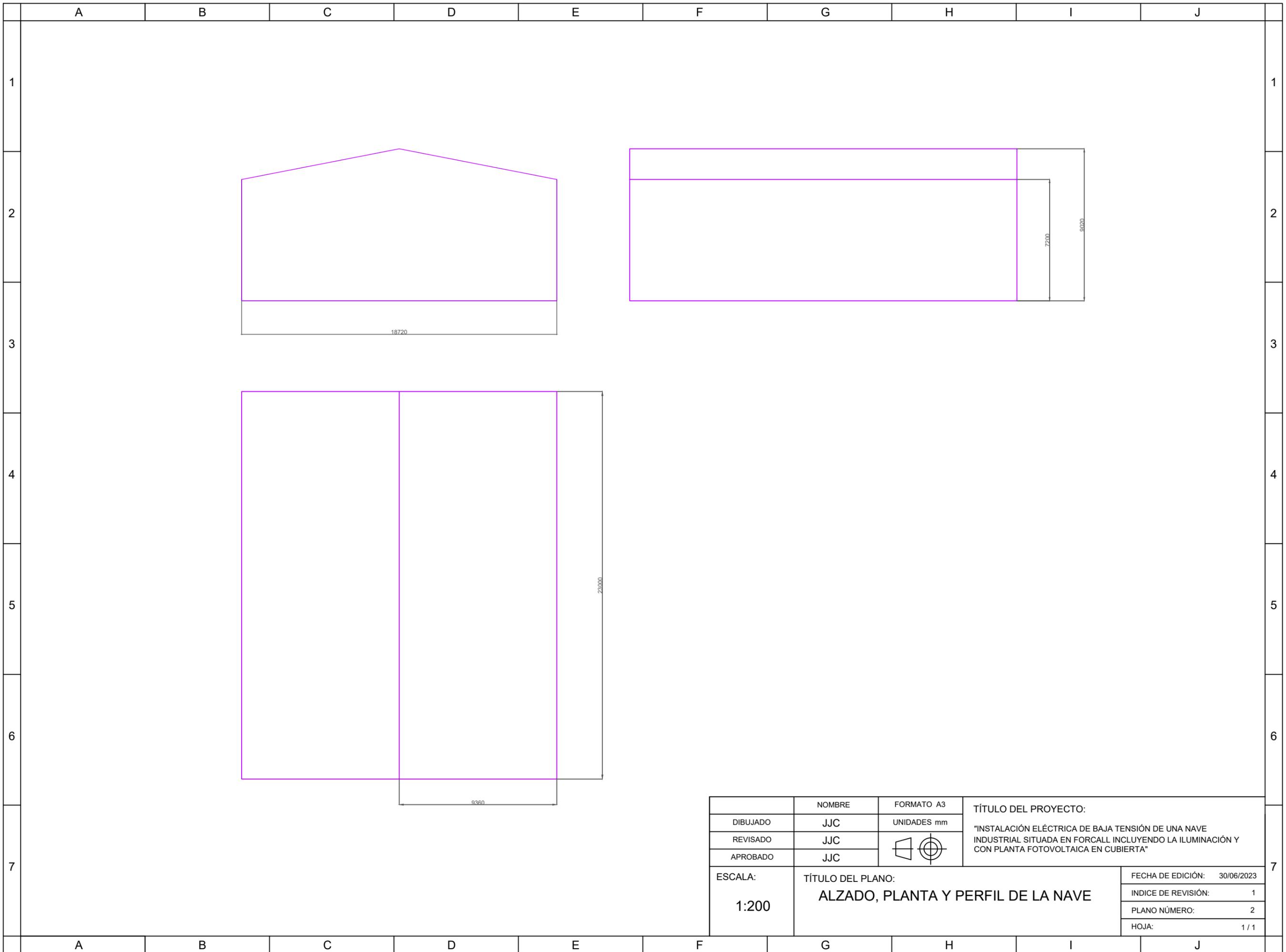
80 V	200 - 255	256 - 290	<b>D 80 / 30</b>	D 400 V	4,2	6,0	10	1,5 CEE 16	C2-4	59
	256 - 290	291 - 320	<b>D 80 / 35</b>	D 400 V	4,5	6,3	10	1,5 CEE 16	C2-4	64
	291 - 320	321 - 375	<b>D 80 / 40</b>	D 400 V	5,2	7,5	10	1,5 CEE 16	C2-4	66
	321 - 375	376 - 420	<b>D 80 / 45</b>	D 400 V	5,7	8,1	16	1,5 CEE 16	C2-4	68
	376 - 420	421 - 480	<b>D 80 / 50</b>	D 400 V	6,2	8,9	16	1,5 CEE 16	C2-4	72
	421 - 480	481 - 560	<b>D 80 / 60</b>	D 400 V	7,4	10,7	16	1,5 CEE 16	C2-4	82
	481 - 560	561 - 680	<b>D 80 / 70</b>	D 400 V	8,9	12,8	16	1,5 CEE 16	C2-4	85
	561 - 680	681 - 750	<b>D 80 / 80</b>	D 400 V	10,0	14,4	16	1,5 CEE 16	C3-4	88
	681 - 750	751 - 870	<b>D 80 / 90</b>	D 400 V	11,2	16,1	20	2,5 CEE 32	C3-4	90
751 - 870	871 - 1000	<b>D 80 / 100</b>	D 400 V	12,3	17,7	20	2,5 CEE 32	C3-4	102	

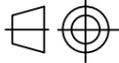
Dimensiones				E 230 V: Monofásico, 1 x 230V 50Hz (1/N/PE)
Mueble	Altura	Anchura	Profundidad	D 400 V: Trifásico, 3 x 400V 50Hz (3/PE)
<b>C0-4</b>	205 mm	328 mm	235 mm	* Se deben seguir las indicaciones y recomendaciones de los fabricantes.
<b>C1-4</b>	260 mm	410 mm	260 mm	
<b>C10-4</b>	285 mm	500 mm	315 mm	
<b>C2-4</b>	390 mm	575 mm	380 mm	
<b>C3-4</b>	700 mm	500 mm	450 mm	Instalación de pie o montado en la pared.

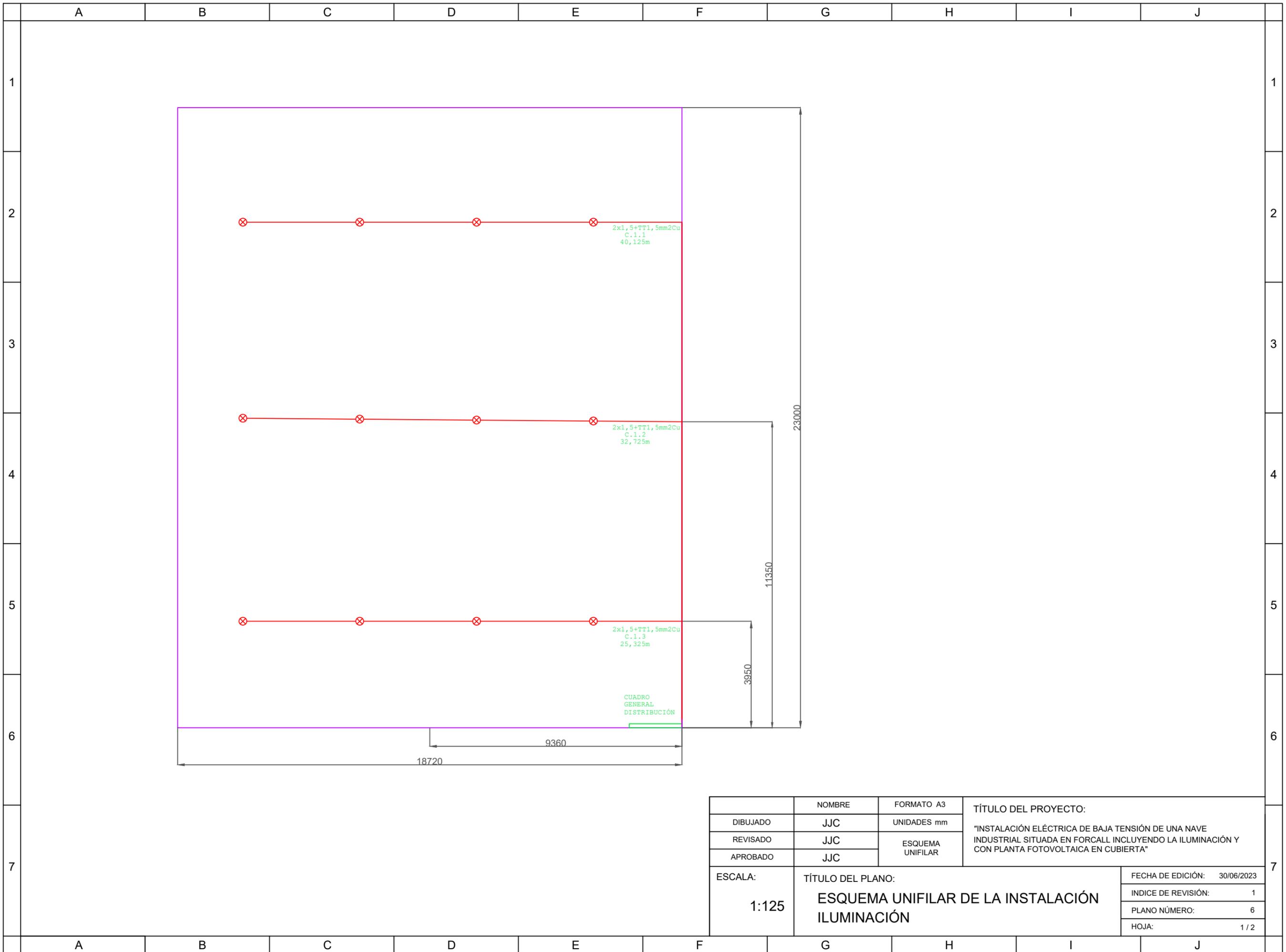


# Planos

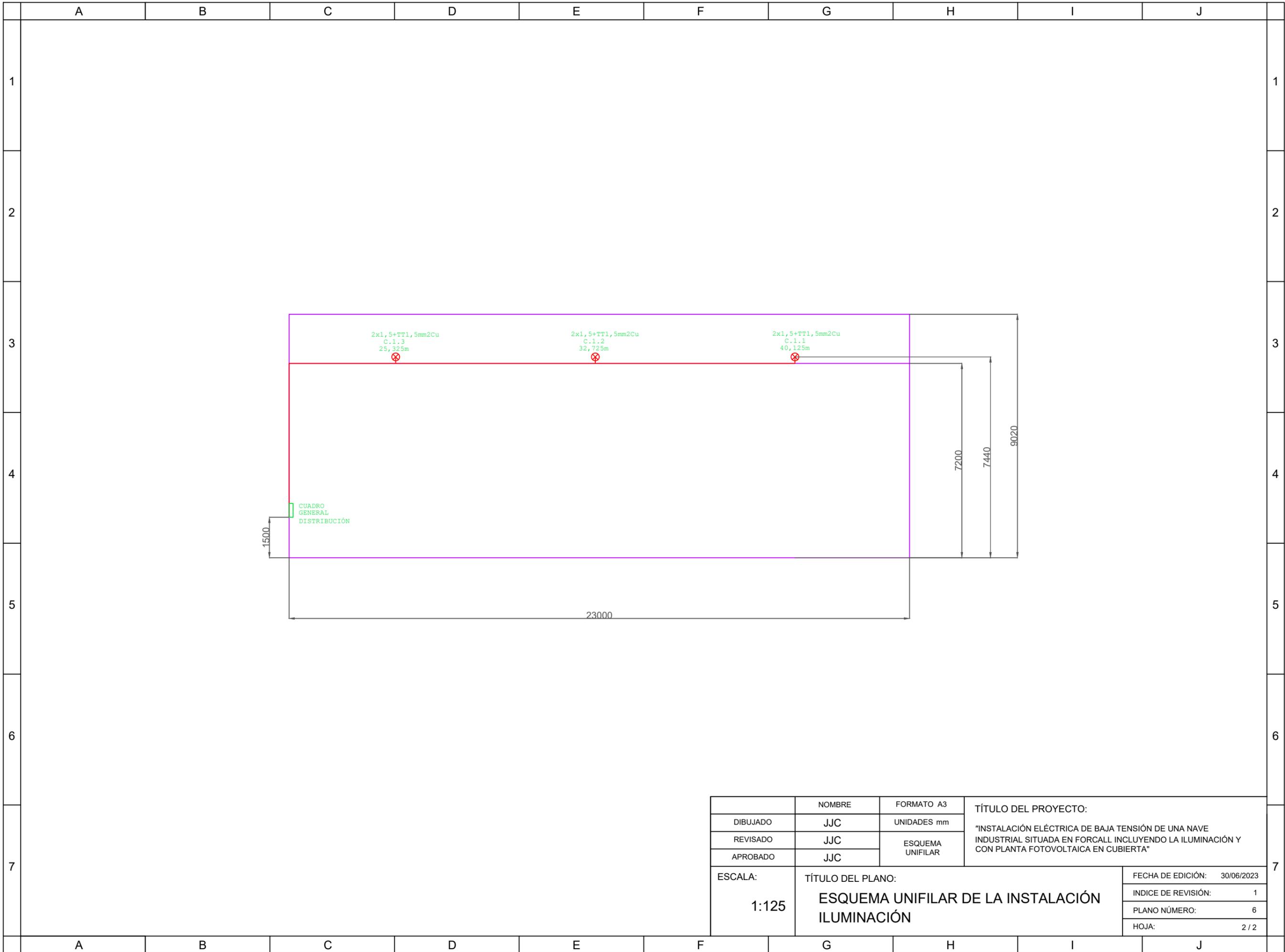




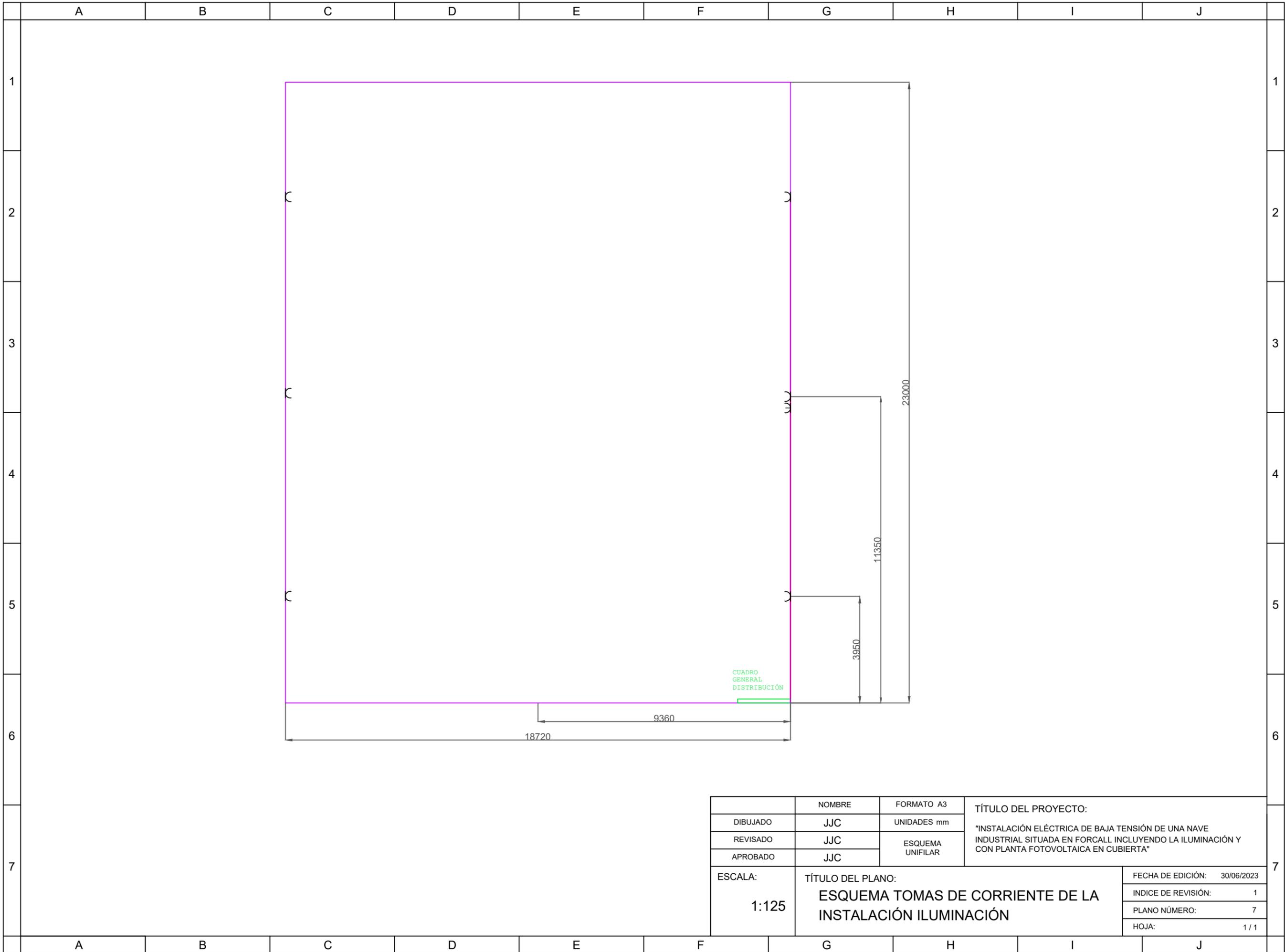
	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC		
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:200	TÍTULO DEL PLANO: ALZADO, PLANTA Y PERFIL DE LA NAVE		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
			INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 2
			HOJA: 1 / 1



	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
1:125	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ILUMINACIÓN		INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 6
			HOJA: 1 / 2

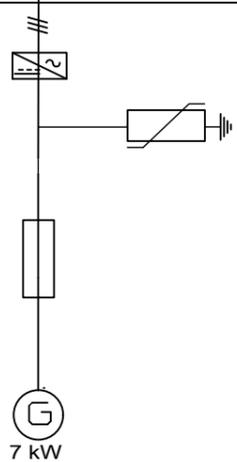
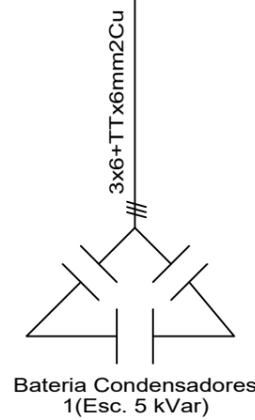
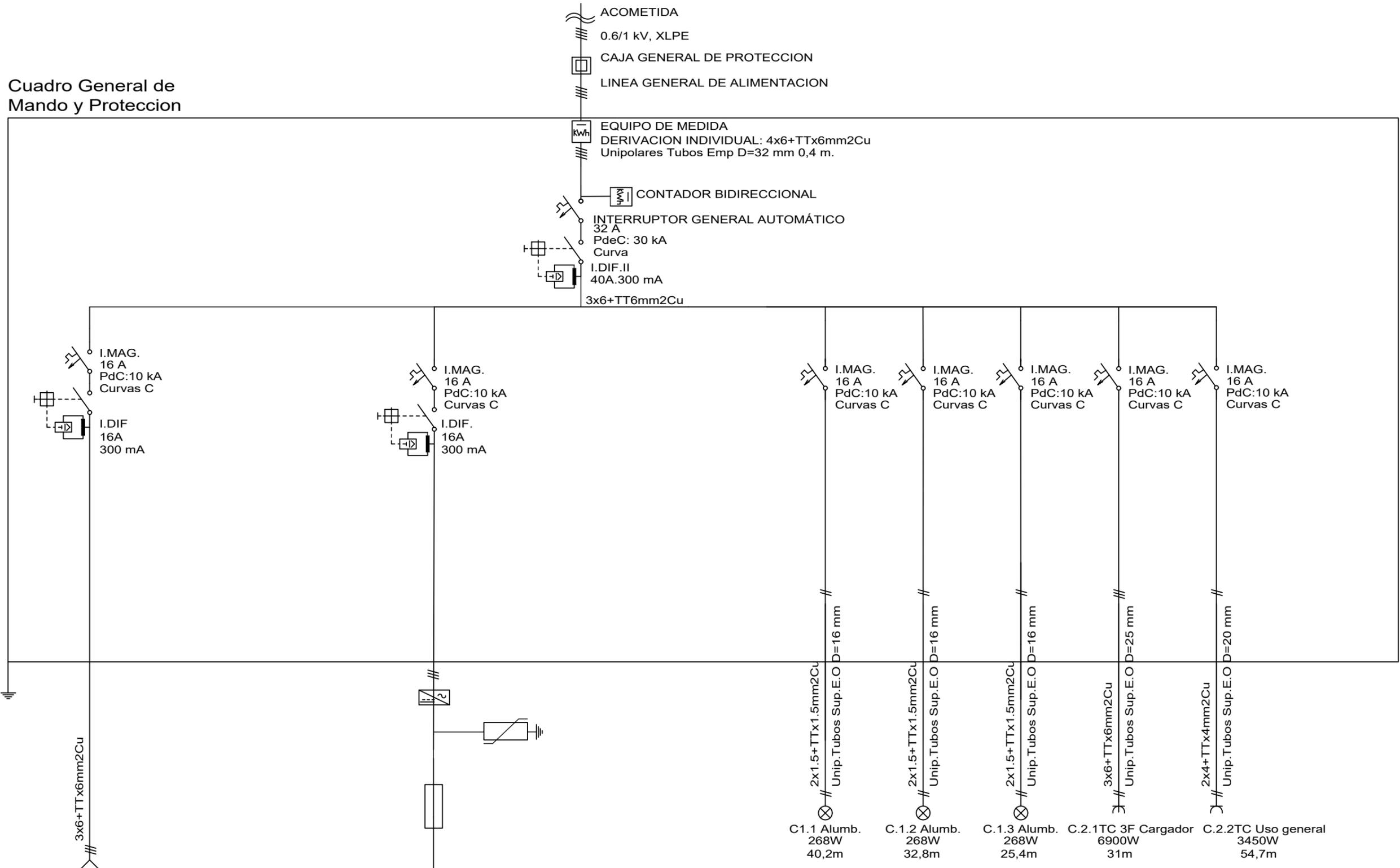


	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:125	TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN ILUMINACIÓN		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023 INDICE DE REVISIÓN: 1 PLANO NÚMERO: 6 HOJA: 2 / 2



	NOMBRE	FORMATO A3	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	UNIDADES mm	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA: 1:125	TÍTULO DEL PLANO: ESQUEMA TOMAS DE CORRIENTE DE LA INSTALACIÓN ILUMINACIÓN		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
			INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 7
			HOJA: 1 / 1

**Cuadro General de Mando y Protección**



	NOMBRE	FORMATO	TÍTULO DEL PROYECTO: "INSTALACIÓN ELÉCTRICA DE BAJA TENSIÓN DE UNA NAVE INDUSTRIAL SITUADA EN FORCALL INCLUYENDO LA ILUMINACIÓN Y CON PLANTA FOTOVOLTAICA EN CUBIERTA"
DIBUJADO	JJC	A3	
REVISADO	JJC	ESQUEMA UNIFILAR	
APROBADO	JJC		
ESCALA:	TÍTULO DEL PLANO:		FECHA DE EDICIÓN: 30/06/2023
-	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN DE BAJA TENSIÓN		INDICE DE REVISIÓN: 1
			PLANO NÚMERO: 8
			HOJA: 1 / 1



# **Pliego de condiciones técnicas instalaciones eléctricas de baja tensión**



# Índice

1.	Condiciones generales.....	346
2.	Conductores de cobre y aluminio para baja tensión .....	346
2.1.	Modos de instalación .....	346
2.2.	Caídas de tensión.....	347
2.3.	Intensidades máximas admisibles .....	347
2.4.	Factores de corrección .....	347
2.5.	Factores de corrección por tipo de receptor o instalación .....	347
2.6.	Efectos de corrientes armónicas .....	347
2.7.	Radios de curvatura.....	347
2.8.	Ensayos eléctricos .....	348
2.9.	Tipos de cable.....	348
3.	Canalizaciones por tubería aislante rígida.....	348
3.1.	Normas .....	348
3.2.	Modos de instalación .....	348
3.3.	Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas.....	349
3.4.	Accesibilidad a las instalaciones.....	349
3.5.	condiciones de servicio .....	349
4.	Cuadros eléctricos de distribución .....	349
4.1.	Normas .....	349
4.2.	Características eléctricas .....	350
4.3.	Características de diseño .....	350
4.4.	Unidades funcionales .....	352
4.5.	Ensayos eléctricos .....	352
4.6.	Embalaje, manipulación y transporte .....	352
4.7.	Montaje y puesta en servicio.....	353
5.	Pequeño material eléctrico.....	353
5.1.	Normas .....	353
5.2.	Unidades funcionales .....	353
5.3.	Accesorios y sistemas de instalación .....	355
5.4.	Ensayos eléctricos .....	356
5.5.	Manipulación y transporte .....	356
5.6.	Montaje y puesta en servicio.....	356
6.	Condiciones revisión y mantenimiento.....	356

6.1.	Mantenimiento y garantía.....	356
6.2.	Acabados y remates finales.....	357
6.3.	Pruebas de puesta en marcha.....	357
6.4.	Inspecciones.....	357
6.5.	Calidades.....	358
6.6.	Seguridad.....	359
7.	Documentación.....	359
7.1.	Documentación gráfica.....	359
7.2.	Documentación final de obra.....	360

## 1. Condiciones generales

Todos los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

## 2. Conductores de cobre y aluminio para baja tensión

Conductores eléctricos para instalaciones interiores dentro del campo de aplicación del artículo 2 (límites de tensión nominal igual o inferior a 1000V) y con tensión asignada dentro de los márgenes fijados en el artículo 4 del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (ITC-BT-19).

### 2.1. Modos de instalación

Según la clasificación establecida en la UNE 20460-5-523 (tabla 52-B2) en la que se identifican instalaciones cuya capacidad de disipación del calor generado por las pérdidas es similar por lo que pueden agruparse en una determinada tabla común de cargas.

Denominación según UNE 20460. Conductores aislados: Conductores aislados sin cubierta, unipolares, con nivel de aislamiento hasta 750V. Se instalarán en conductos de superficie o empotrados o sistemas cerrados análogos. Cables: Conductores aislados con una cubierta adicional, unipolares o multipolares, con un nivel de aislamiento de 1000V.

Las condiciones generales de instalación serán las que se establecen en la ITC- BT-19.

Siempre que los elementos de la instalación lo permitan las conexiones con terminales de presión y fundas termorretráctiles. En cualquier caso, se retirará la envoltura imprescindible para realizar el acoplamiento a terminales o bornas de conexión. No se admitirán conexiones donde el conductor sobresalga de la borna o terminal.

Las derivaciones se realizarán siempre mediante bornas o kits. No se permitirán empalmes realizados por torsión de un conductor sobre otro.

Los cables se fijarán a los soportes mediante bridas, abrazaderas o collares de forma que no se perjudiquen a las cubiertas de los mismos. La distancia entre dos puntos de fijación consecutivos no excederá de 0,40 metros para conductores sin armar, y 0,75 metros para conductores armados.

## 2.2. Caídas de tensión

La sección de los conductores se determinará de forma que la caída de tensión entre el origen de la instalación interior y cualquier punto de utilización se corresponda con los valores máximos fijados en la ITC-BT-19.

Caídas de tensión máximas. Viviendas: 3% en cualquier circuito interior. Terciario o industrial en BT: 3% para alumbrado y 5% para otros usos. Terciario o industrial en MT: 4,5% para alumbrado y 6,5% para otros usos.

## 2.3. Intensidades máximas admisibles

De acuerdo con los valores indicados en la UNE 20460-5-523 (tabla A.52-1bis) para una temperatura ambiente del aire de 40°C y para los distintos métodos de instalación, agrupamientos y tipos de cable. Se deberá tener en cuenta la división entre cables termoplásticos (PVC, Z1 o similares) y termoestables (XLPE, EPR, Z o similares).

## 2.4. Factores de corrección

Cuando las condiciones de la instalación sean distintas a las fijadas en la tabla A.52-1bis (temperatura ambiente distinta a 40°C, circuitos agrupados en una misma canalización, influencia de armónicos, etc.), se tomarán los factores de corrección correspondientes a las condiciones de instalación previstas.

## 2.5. Factores de corrección por tipo de receptor o instalación

- Locales con riesgo de incendio o explosión: Intensidad admisible reducida un 15% (ITC-BT-29).
- Instalaciones generadoras en BT: Cables dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima prevista (ITC-BT-40).
- Lámparas de descarga: Carga mínima en VA igual a 1,8 veces la potencia en W (ITC-BT-44).
- Motores: Cables dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima prevista (ITC-BT-47).
- Aparatos elevación: Cables dimensionados para una carga no inferior a 1,3 de la máxima prevista (ITC-BT-47).

## 2.6. Efectos de corrientes armónicas

Se deberán aplicar métodos adecuados según anexo C de la norma UNE 20460- 5-523.

## 2.7. Radio de curvatura

Mínimos aplicables a todos los cables UNE 21123 en posición definitiva de servicio:

Cables sin armadura	Diámetro exterior del cable de curvatura	Radio mínimo
	Menos de 25mm	4 D
	De 25 a 50mm	5 D
	Más de 50mm	6 D
	Cables armados	10 D

## 2.8. Ensayos eléctricos

De acuerdo con la ITC-BT-19 y especificaciones de la Guía Técnica de Aplicación - Anexo 4.

## 2.9. Tipos de cable

Resumen de tipos de cable para los distintos tipos de instalación según el REBT:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| - Distribución. Acometidas:              | ITC-BT-11       |
| - Instalaciones de enlace:               | ITC-BT-14/15/16 |
| - Instalaciones interiores o receptoras: | ITC-BT-20       |

# 3. **Canalizaciones por tubería aislante rígida**

Tubos aislantes rígidos blindados de PVC libres de halógenos para uso en instalaciones eléctricas no subterráneas. Estancos, con uniones roscadas o enchufables, no propagadores de la llama. Cumplirán las condiciones que especifica el REBT (ITC-BT-21).

## 3.1. Normas

Cumplirán las exigencias de las UNE-EN 60423, UNE-EN 50086-2-1, UNE-EN 50086-2-2 y UNE 20.324.

## 3.2. Modos de instalación

Según las condiciones siguientes: Canalizaciones fijas en superficie. Canalizaciones empotradas en obra de fábrica (paredes, techos y falsos techos), huecos de la construcción o canales protectores de obra. Canalizaciones empotradas embebidas en hormigón.

Las características mínimas generales y las condiciones de instalación y colocación de los tubos y cajas de conexión y derivación de los conductores serán las que se establecen en la ITC-BT-021. La instalación y puesta en obra de los tubos de protección deberá cumplir, además, lo prescrito en la norma UNE 20460-5-523 y en las ITC-BT-19 e ITC-BT-20.

Los accesorios a utilizar (codos, tes, cruces, uniones, etc.) y los elementos de fijación y soportación serán específicos del tipo de tubería empleado y mantendrán las prestaciones mecánicas y resistencia media a la corrosión.

El trazado de las canalizaciones se hará siguiendo preferentemente líneas paralelas a las verticales y horizontales que limitan el local donde se efectúe la instalación.

Las curvas practicadas en los tubos serán continuas y no originarán reducciones de sección.

Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados éstos y sus accesorios.

El número de curvas en ángulo recto situadas entre dos registros consecutivos no será superior a tres.

La unión de tubos rígidos a tubos flexibles se hará mediante racores especiales a tal fin. Los tubos que no vayan empotrados o enterrados se sujetarán a paredes o techos alineados y sujetos por abrazaderas a una distancia máxima entre dos consecutivas de 0,80 metros.

Asimismo, se dispondrán fijaciones de una y otra parte de los cambios de dirección y en la proximidad inmediata de equipos o cajas. En ningún caso existirán menos de dos soportes entre dos cajas o equipos.

No se establecerán entre forjado y revestimiento tubos destinados a la instalación en plantas inferiores. Para la instalación correspondiente a la propia planta únicamente podrán instalarse

en estas condiciones cuando sean tubos blindados y queden recubiertos por una capa de hormigón o mortero de 1 cm de espesor como mínimo además del revestimiento.

Cuando los tubos vayan empotrados en rozas, la profundidad de éstas será la equivalente al diámetro exterior del tubo más de un centímetro, que será el recubrimiento.

### 3.3. Normas de instalación en presencia de otras canalizaciones no eléctricas

En caso de proximidad de canalizaciones eléctricas con otras no eléctricas, se dispondrán de forma que entre las superficies exteriores de ambas se mantenga una distancia mínima de 3 cm. En caso de proximidad con conductos de calefacción, de aire caliente, vapor o humo, las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que no puedan alcanzar una temperatura peligrosa y, por consiguiente, se mantendrán separadas por una distancia conveniente o por medio de pantallas calorífugas.

Las canalizaciones eléctricas no se situarán por debajo de otras canalizaciones que puedan dar lugar a condensaciones, tales como las destinadas a conducción de vapor, de agua, de gas, etc., a menos que se tomen las disposiciones necesarias para proteger las canalizaciones eléctricas contra los efectos de estas condensaciones.

### 3.4. Accesibilidad a las instalaciones

Las canalizaciones deberán estar dispuestas de forma que faciliten su maniobra, inspección y acceso a sus conexiones. Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, mediante la conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

En toda la longitud de los pasos de canalizaciones a través de elementos de la construcción, tales como muros, tabiques y techos, no se dispondrán empalmes o derivaciones de cables, estando protegidas contra los deterioros mecánicos, las acciones químicas y los efectos de la humedad.

Las cubiertas, tapas o envoltentes, mandos y pulsadores de maniobra de aparatos tales como mecanismos, interruptores, bases, reguladores, etc, instalados en los locales húmedos o mojados, serán de material aislante.

### 3.5. condiciones de servicio

Recepción, manipulación y almacenamiento. Se verificará a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los materiales se realizará de forma que evite queden expuestos a torsión, abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los materiales. Si la instalación no es inmediata, los materiales se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

## 4. Cuadros eléctricos de distribución

Para la centralización de apartada de seccionamiento y protección, medida, mando y control en distribuciones eléctricas de baja tensión. Cumplirán las especificaciones del REBT. Instrucciones técnicas complementarias (ITC).

### 4.1. Normas

Cumplirán la normativa siguiente: UNE-EN 60439-1 (clasificación, condiciones de empleo, características eléctricas, construcción, disposiciones y ensayos); UNE 20324 y UNE-EN 50102 (protección de la envoltente); UNE-EN 60447 (maniobra de los aparatos eléctricos); UNE-EN 60073 (señalización) y CEI 60152, CEI 60391 y CEI 60446 (identificación de los conductores).

Todos los componentes de material plástico responderán al requisito de autoextinguibilidad conforme a la norma UNE-EN 60695-2.

#### 4.2. Características eléctricas

Tensión asignada de empleo ( $U_e$ )	Hasta 1000 V
Tensión asignada de aislamiento ( $U_i$ )	Hasta 1000 V
Tensión asignada soportada al impulso ( $U_{imp}$ )	8 kV
Frecuencia asignada	50-60 Hz
Corriente asignada	Hasta 3200 A
Corriente asignada de corta duración admisible ( $I_{cw}$ )	Hasta 105 kA
Corriente asignada de cresta admisible ( $I_{pk}$ )	Hasta 254 kA
Compartimentación	Forma 2, 3 y 4
Grado de protección	IP.31/41/65 (*)

(\*) Sin puerta/ Con puerta y panel lateral ventilado/ Con puerta y panel lateral ciego.

#### 4.3. Características de diseño

Básicamente constituidos por:

- Sistema funcional.
- Envolverte metálica.
- Sistemas de barras.
- Disposición de la aparamenta.
- Conexión de potencia.
- Circuitos auxiliares y de baja potencia.
- Etiquetado e identificación.

Cumplirán las condiciones constructivas y de servicio que se establecen en los documentos del proyecto (memoria descriptiva, cálculos, planos, partidas económicas, mediciones y pliego de condiciones técnicas generales).

**Sistema funcional.** Deberá permitir realizar cualquier tipo de cuadro de distribución de baja tensión, principal o secundario, hasta 3200 A en entornos terciarios o industriales. La totalidad de los accesorios de adaptación de la aparamenta principal y auxiliar serán estandarizados y de la misma fabricación que los componentes principales. Todos los componentes eléctricos serán fácilmente accesibles.

**Envolverte metálica.** La estructura del cuadro será metálica de concepción modular ampliable, formada por kits componibles de amplia configuración. El conjunto de estructura, paneles, bastidores, puertas y resto de componentes deberán responder a todas las exigencias referidas al tipo de instalación, grado de protección, características eléctricas y mecánicas y referencias a normativa (UNE-EN 60439-1). La totalidad de los componentes deberán estar oportunamente tratados y barnizados para garantizar una eficaz resistencia a la corrosión.

**Sistemas de barras.** La naturaleza y sección de los juegos de barras se calcularán en función de la intensidad permanente y de cortocircuito previstas, la temperatura ambiente (35 °C según UNE-EN 60439-1) y el grado de protección de la envolvente. Las barras serán de cobre con un tratamiento de la superficie (anodización) y una preparación de la superficie de contacto. Su disposición deberá favorecer la disipación térmica. Se respetarán las distancias mínimas de aislamiento calculadas en función de la tensión asignada de aislamiento o de empleo y del lugar de utilización (UNE- EN 60439-1).

Conductor de protección (PE): Dimensionado y fijado en el cuadro para soportar los esfuerzos térmicos y electrodinámicos de la corriente de defecto. Conductor de neutro y protección (PEN): Se dispondrá únicamente si así se establece en las condiciones de proyecto. Estos conductores cumplirán la norma UNE-EN 60439.

El número y separación de los soportes se definirá en función de la corriente de cortocircuito prevista y del peso y posición de las barras. Estarán contruidos con materiales magnéticos para evitar el calentamiento debido a los efectos de bucle alrededor de los conductores y garantizarán la sujeción de los juegos de barras.

**Disposición de la aparamenta.** Comprobación de las limitaciones de calentamiento (UNE-EN 60439-1). La disposición de los aparatos se realizará de forma que se limiten las condiciones de calentamiento del conjunto de la aparamenta instalada, facilitando las prestaciones de los aparatos respetando la temperatura de referencia. La disipación de calor se realizará por convección natural o por ventilación forzada.

Conexiones de los cables y canalizaciones eléctricas prefabricadas. Las unidades funcionales deberán tener en cuenta los volúmenes de conexión con independencia de la posición del interruptor. La conexión de canalizaciones eléctricas prefabricadas al cuadro se hará mediante soluciones ensayadas.

Perímetros de seguridad. Se respetarán las zonas de seguridad entre aparatos y las distancias respecto a elementos circundantes definidas por el fabricante para garantizar el correcto funcionamiento. Se recomienda la utilización sistemática de cubre bornas para reducir las distancias.

Aparamenta sobre puerta. Su instalación no debe reducir el IP de origen. En el caso de que las piezas móviles metálicas (puertas, paneles, tapas pivotantes) que soporten componentes eléctricos no sean de clase 2, es obligatoria la conexión a masa.

**Conexión de potencia.** Según la configuración del cuadro, la conexión de los aparatos de potencia podrá realizarse mediante barras o cables. Estas conexiones estarán lo suficientemente dimensionadas para soportar los esfuerzos eléctricos y térmicos. Se situarán dispositivos de embriado para evitar esfuerzos mecánicos excesivos en los polos de los aparatos.

Embarrados de transferencia horizontal. Normalmente tendrán una sección superior a la del juego de barras principal para evitar calentamientos en los puntos de conexión y el decalaje debido a la orientación de las barras (de canto o planas).

Conexión directa por barras. Cumplirán las condiciones de calidad del fabricante: Embriados mediante soportes aislantes. Conexión entre si de las barras de una misma fase. Decalajes. Espacios necesarios. Taladrado y punzonado. Plegado. Preparación de las superficies de contacto. Tornillería de conexión. Presión de contacto. Par de apriete. Conexión mediante barras flexibles.

Conexión mediante cables. La sección de los cables deberá ser compatible con la intensidad que va a circular y la temperatura ambiente alrededor de los conductores. Los cables a utilizar serán del tipo flexible o semirrígido U 1000 (aislamiento de 1000 V). Los terminales serán de tronco abierto para poder controlar el engrane del cable. La conexión, borneros de distribución, recorrido y embridado de los cables cumplirán las condiciones de calidad del fabricante.

La conexión eléctrica de las unidades funcionales cumplirá las normas UNE-EN 60439. **Circuitos auxiliares y de baja potencia.** Dentro de las envolventes, los cables de los circuitos auxiliares y de baja potencia deberán circular libremente en los brazaletes o canaletas que garantizarán su protección mecánica y ventilación. Las bornas de conexión intermedia quedarán instaladas fuera de los conductos del cableado. La configuración del armario deberá posibilitar la colocación horizontal y vertical de las canaletas optimizando el recorrido del cableado. El paso de los cables hacia la puerta se llevará a cabo mediante una manguera que evite que se puedan provocar daños mecánicos en los conductores con el movimiento de paneles o puertas.

**Etiquetado e identificación.** La identificación de los cuadros y aparatos cumplirán las normas UNE-EN 60439-1 y UNE-EN 60617. La placa de características de los cuadros deberá indicar los datos del cuadrista y la identidad del cuadro, edificio y proyecto.

Las características eléctricas del cuadro como la tensión, la intensidad, la frecuencia, la resistencia a las lcc, el régimen de neutro, etc. o las características mecánicas como la masa del cuadro, el grado de protección, etc. deberán aparecer en los documentos constructivos suministrados al cliente.

La identificación de los conductores cumplirá las normas UNE-EN 60446.

#### 4.4. Unidades funcionales

Cumplirán las condiciones que se establecen en las especificaciones técnicas correspondientes: Interruptores automáticos compactos (SBA02). Interruptores automáticos de bastidor (SBA03). Aparatación modular (SBA10). Aparatación de control industrial (SBA20).

#### 4.5. Ensayos eléctricos

Se efectuarán en taller de acuerdo con el protocolo establecido. Básicamente: Conformidad de ejecución con respecto a planos, nomenclatura y esquemas. Número, naturaleza y calibres de los aparatos. Conformidad del cableado. Identificación de los conductores. Comprobación de las distancias de aislamiento y grado de protección. Funcionamiento eléctrico (relés, medida y control, enclavamientos mecánicos y eléctricos, etc.). Ensayo dieléctrico. Pantallas de protección contra los contactos directos e indirectos en las partes en tensión. Acabado.

La declaración de conformidad del equipo es responsabilidad del cuadrista que deberá establecer el informe técnico que demuestra dicha conformidad, aportando todas las pruebas realizadas según un sistema de cuadros ensayados de acuerdo con la norma UNE-EN 60439-1.

#### 4.6. Embalaje, manipulación y transporte

**Embalaje.** Estará condicionado por los aspectos siguientes: Peso del cuadro. Entorno en el que se va a almacenar (temperatura, humedad, intemperie, polvo, choques, etc.). Duración del almacenamiento. Procesos de manipulación (carretilla elevadora, grúa, etc.). Tipo y condiciones del transporte utilizado (camión, contenedor, etc.). Fragilidad (vidrio). Sensibilidad a la humedad. Posicionamiento.

El embalaje deberá ser compatible con el sistema de manipulación utilizado (puntos de eslingado, travesaños de manipulación, etc.).

**Manipulación y transporte.** Se verificarán a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación de los distintos elementos se realizará de forma que evite exponer los equipos a abolladuras o impactos. Los equipos de manipulación (unidades de elevación y otros) estarán adaptados a las condiciones de los armarios.

Normalmente la manipulación se realizará armario a armario. En caso de armarios yuxtapuestos que no puedan disociarse se comprobará la calidad de las conexiones mecánicas entre ellos y se utilizará una viga de suspensión. En el caso de utilizarse grúas o puentes rodantes que necesiten una sujeción por la parte superior se utilizarán eslingas resistentes. El enganche se deberá realizar sobre los cáncamos de elevación propios del armario colocados según recomendación del fabricante.

Si los equipos no se instalan ni se ponen en funcionamiento de inmediato se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

#### 4.7. Montaje y puesta en servicio

Se seguirán obligatoriamente las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el esquema de conexión y regulación previsto. En especial las referidas a la unión eléctrica de los conductores activos y de protección, el enlace mecánico entre elementos, los sistemas de soportación y las conexiones extremas.

En condiciones de servicio, los cuadros eléctricos constituirán una instalación eléctrica segura basada en un buen ensamble entre las unidades funcionales y el sistema de distribución de la corriente. Las operaciones de mantenimiento, realizadas con el cuadro sin tensión, deberán ser rápidas y cómodas, facilitadas por un acceso total a la aparamenta. La seguridad para el usuario quedará garantizada por las tapas de protección de la aparamenta y las protecciones internas adicionales (compartimentación, pantallas) que permitirán realizar las formas 2 o 3 y dar protección contra los contactos directos de las partes activas.

## 5. Pequeño material eléctrico

Mecanismos modulares para funciones de mando, protección, toma de corriente y control de circuitos y receptores en instalaciones domésticas y de distribución terminal terciaria. Cumplirán las especificaciones del REBT. Instrucciones técnicas complementarias (ITC).

### 5.1. Normas

Cumplirán la normativa siguiente: UNE-EN 60669-1 y las Directivas de BT y CEM (mando); UNE-EN 60898 y UNE-EN 61009-1 (protección); UNE 20315 (tomas de corriente); EN 60669-2-1 (regulación) y EN 60669-2-3 (temporización).

### 5.2. Unidades funcionales

Básicamente las siguientes:

- Mecanismos de mando.
- Protección magnetotérmica y diferencial.
- Bases portafusibles modulares.
- Tomas de corriente.
- Mecanismos de regulación.

- Interruptores temporizados.
- Interruptores horarios programados.
- Detectores de movimiento.
- Señalización y balizado.
- Otros componentes modulares.

**Mecanismos de mando.** Encendido y apagado de circuitos con cargas resistivas, inductivas y pequeños motores (lámparas incandescentes, fluorescentes y transformadores, electrodomésticos, gobierno de tomas de corriente, etc.). Características: 250V; 10, 16, 20, 25 y 32A.

**Protección magnetotérmica y diferencial.** Utilizados como medida adicional a la protección de cabecera (baños, cocinas, lavaderos, aparatos electrónicos, etc.). Características: 230V; 6, 10 y 16A. Poder de corte: 1500/3000A.

**Bases portafusibles modulares.** Bases seccionables o interruptores portafusibles modulares para la protección de líneas en circuitos con elevada corriente de cortocircuito. Características: Tensión: 250 V. Intensidad: 10 y 16 A. Tamaño: 6x32.

**Tomas de corriente.** Alimentación de electrodomésticos, aparatos de iluminación, electrónicos, etc.). Posibilidad de incorporar protección infantil. Características: 250V; 10/16A. Resistencia de aislamiento: > 5M $\Omega$  a 500V. Rigidez dieléctrica: > 2000V.

**Mecanismos de regulación.** Funciones:

- Interruptor. Regulación de lámparas incandescentes y halógenas. Características: 230V; 40-300W.
- Interruptor-conmutador. Regulación de lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Características: 230V; 40-300W/VA.
- Interruptor de pulsación. Regulación de lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Características: 230V; 40-500W/VA.
- Interruptor. Regulación de cargas resistivas e inductivas: lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador convencional, ventiladores, motores monofásicos, etc. Características: 230V; 40-1000VA (iluminación), 60-600W (motores).

**Interruptores temporizados.** Encendido por pulsación de la carga y desconexión automática programada. Características: 230V/8A. Temporización: 2 seg. a 12 min.

**Interruptores horarios programados.** Control de cargas según un horario programado. Visualización en pantalla. Características: 230V; 1200W/1000VA. Máximo número de intervalos: 28 (56 conmutaciones On/Off). Duración intervalo: mínimo 1 min.

**Detectores de movimiento.** Encendido de las cargas que gobierna cuando se produce un movimiento dentro del campo de acción del sensor. Apto para lámparas incandescentes, halógenas 230V y 12V con transformador ferromagnético. Desconexión según tiempo ajustado. Encendido y apagado gradual. Características: 230V; 40-500W/VA. Posibilidades de incorporar tarjeta temporizada. Modos:

- OFF: Desconexión permanente de la carga.
- ON: Conexión permanente de la carga
- AUT: Conexión según detección y luminosidad

**Señalización y balizado.** Funciones:

- Piloto de señalización. Señalización de estado de cargas (On/Off), habitaciones o salas. Incorpora lámpara de neón 220V.

- Piloto de balizado autónomo. Alumbrado de emergencia en caso de fallo del suministro eléctrico (pasillos, escaleras, locales, etc.). Alimentación: 230V. Carga de baterías: 24h. Autonomía: 1h. Vida batería: 500 ciclos. Vida lámpara: 400h. Luminosidad con difusor: 45lux/25cm.
- Sistema de balizado autónomo. Alumbrado de emergencia centralizado dotado de un sistema de telemando. Características técnicas definidas en proyecto. Función telemando:
  - Puesto en reposo con la red eléctrica ausente y pilotos en estado de emergencia: Posición de los pilotos en Off/On mediante pulsación manual.
  - Test de conmutación y autonomía con la red eléctrica presente sin tener que desconectar la alimentación: Pilotos en modo emergencia (On) o en estado de alerta (Off) mediante pulsación manual.

**Otros componentes modulares. Funciones:**

- Zumbador. Llamada de entrada en viviendas, oficinas o comercios o señal de alerta en sistemas de alarmas técnicas en funcionamiento intermitente.
- Timbre electrónico. Llamada de entrada en viviendas, oficinas, etc. cuando se requiere diferenciar entre las llamadas del exterior y las llamadas de servicio interior (ej.: portería).
- Minuterros. Cierre y apertura de un contacto según un tiempo determinado.
- Teclado codificado. Interruptor o pulsador activado por teclado codificado con contacto de salida libre de potencial. La conexión- desconexión de la carga se realiza insertando un código de usuario de
- dígitos a través del teclado. El tiempo máximo entre dígitos no podrá superar un tiempo límite. Indicador luminoso de estado.
- Funciones con llave. Interruptor o pulsador con enclavamiento de llave. Llave extraíble en posición de reposo
- Interruptor de tarjeta temporizado. Desconexión temporizada de circuitos de iluminación, electrodomésticos, aparatos electrónicos, etc. Especialmente indicado para habitaciones de hotel.
- Receptores infrarrojos. Para mando individual de fuentes luminosas o equipos eléctricos. Control por medio de una señal de infrarrojos procedente de un emisor. Mandos: Interruptor. Regulador de tensión. Pulsador. Interruptor para persiana (motores).
- Termostatos de ambiente. Control de funcionamiento de aparatos y de temperaturas del ambiente. Programables.
- Emisores. Teclas y funciones: LED emisor y piloto LED. Tecla Off (apagado o paro general). Teclas de escena. Conmutador de grupo. Tecla de programación. Conmutador de dirección. Etiqueta de dirección.

### 5.3. Accesorios y sistemas de instalación

Básicamente constituidos por:

- Bastidores.
- Marcos.
- Cajas empotrables.
- Cajas de superficie.
- Contenedores estancos de superficie.
- Etiquetado e identificación

**Bastidores.** Deberán permitir el encliquetado de los mecanismos, tanto en posición horizontal como vertical y el enlace con los bastidores adyacentes. Estarán dotados de colisos para la fijación mediante tornillos a caja o pared. Material: Zamak (aleación de zinc y aluminio). Normas: UNE-EN 60669-1 y UNE 20315.

**Marcos.** Para cajas tipo universal. Material: Termoplásticos reciclables auto extingüibles de gran resistencia al impacto. Normas: UNE-EN 60669-1 y UNE 20315.

**Cajas empotrables.** Tipo universal. Estarán dotadas de pretroqueles laterales y al fondo de la caja para la entrada de cables sin necesidad de taladro. Los bastidores se fijarán mediante clipeado. Material: termoplásticos resistentes al calor anormal y al fuego, libre de halógenos y de alta resistencia al impacto.

**Cajas de superficie.** Para marcos universales. Estarán dotadas de ventanillas laterales extraíbles para la entrada de cables. Los bastidores se fijarán mediante clipeado. Material: termoplásticos resistentes al calor anormal y al fuego, libre de halógenos y de alta resistencia al impacto.

**Contenedores estancos de superficie.** Contenedor estanco monobloc para mecanismos con sistema de encliquetado. Entrada de cables por membrana ajustable o mediante accesorio roscado. Nivel de estanqueidad: IP55. Resistencia al impacto: IK07. Normas: UNE 20324 y UNE 50102.

**Etiquetado e identificación.** Los mecanismos incorporaran la información normativa: identificación del producto; tensión y frecuencia de línea; intensidad nominal; rango de carga; esquema de conexionado.

#### 5.4. Ensayos eléctricos

Se efectuarán en fábrica de acuerdo con el protocolo establecido. Básicamente: Conformidad de construcción respecto a normativa. Funcionamiento mecánico y eléctrico. Ensayo dieléctrico. Acabado.

#### 5.5. Manipulación y transporte

Se verificarán a la recepción las diferentes unidades para detectar posibles daños producidos durante el transporte. La manipulación se realizará de forma que evite exponer los componentes a impactos.

Si las unidades no se instalan de inmediato se conservarán con el embalaje de fábrica y en un lugar adecuado y seco.

#### 5.6. Montaje y puesta en servicio

Se seguirán obligatoriamente las recomendaciones del fabricante de acuerdo con el esquema de conexión previsto. En especial las referidas a un buen ensamblaje entre los distintos elementos, la conexión eléctrica de los conductores activos y de protección y los sistemas de fijación.

## 6. Condiciones revisión y mantenimiento

### 6.1. Mantenimiento y garantía

La Empresa adjudicataria garantizará por un año el correcto funcionamiento de todos los dispositivos e instalación del Sistema, ante un mal funcionamiento derivado de defectos de los materiales o de la realización de la misma.

Independientemente de esta garantía, la Empresa adjudicataria podrá, a la entrega de la instalación, suscribir un contrato de mantenimiento, por lo que en la presentación de la oferta deberá describir y evaluar su propuesta concreta de mantenimiento, así como la lista de repuestos, para un año, que considere necesarios.

El año mínimo de garantía, se entiende a partir de la recepción definitiva de la instalación.

#### 6.2. Acabados y remates finales

Antes de la aceptación de la obra por parte de la Dirección Técnica, el Contratista tendrá que realizar a su cargo y sin costo alguno para la Propiedad cuanto se expone a continuación:

- La reconstrucción total o parcial de equipos o elementos deteriorados durante el montaje.
- Limpieza total de canalizaciones, equipos, cuadros y demás elementos de la instalación.
- Evacuación de restos de embalajes, equipos y accesorios utilizados durante la instalación.
- Protección contra posibles oxidaciones en elementos eléctricos o sus accesorios (bandejas, porta cables, etc.) situados en puntos críticos, o en período de oxidación.
- Ajuste de la regulación de todos los equipos que lo requieran.
- Letreros indicadores, placas, planos de obra ejecutada y demás elementos aclaratorios de funcionamiento.

#### 6.3. Pruebas de puesta en marcha

Independientemente de las pruebas de puesta en marcha específicas que para algunas instalaciones especiales puedan haber quedado ya recogidas en apartados anteriores de este Pliego, deberán realizarse las siguientes:

- Prueba con las potencias demandadas calculadas, de las instalaciones de alumbrado y fuerza.
- Prueba del correcto funcionamiento de todas las luminarias.
- Prueba de existencia de tensión en todas las bases de enchufe y tomas de corriente.
- Prueba del correcto funcionamiento de todos los receptores conectados a la instalación de fuerza.
- Medida de la resistencia de aislamiento de los tramos de instalación que se considere oportuno.
- Medida de la resistencia a tierra en los puntos que se considere oportuno.

En todo caso, las pruebas reseñadas deberán realizarse en presencia de la Dirección Técnica y siguiendo sus instrucciones. Para ello el Instalador deberá disponer el personal, medios auxiliares y aparatos de medida precisos.

Será competencia exclusiva de la Dirección Técnica determinar si el funcionamiento de la instalación o las mediciones de resistencia son correctos y conformes a lo exigido en este Pliego y las reglamentaciones vigentes, entendiéndose que en caso de considerarlos incorrectos el Instalador queda obligado a subsanar las deficiencias sin cargo adicional alguno para la Propiedad.

#### 6.4. Inspecciones

La Dirección de Obra podrá solicitar cualquier tipo de Certificación Técnica de materiales y/o montajes. Asimismo, podrán realizar todas las revisiones o inspecciones que consideren oportunas, tanto en el edificio, como en los Talleres, Fábricas, Laboratorios u otros lugares, donde el Instalador se encuentre realizando trabajos correspondientes a esta instalación. Las

mencionadas inspecciones pueden ser totales o parciales, según los criterios que la Dirección de Obra dictamine al respecto para cada caso.

#### 6.5. Calidades

Cualquier elemento, máquina, material y, en general, cualquier concepto en el que pueda ser definible una calidad, ésta será la indicada en el Proyecto, bien determinada por una marca comercial o por una especificación concreta. Si no estuviese definida una calidad, la Dirección de Obra podrá elegir la que corresponda en el Mercado a niveles considerados similares a los del resto de los materiales especificados en Proyecto. En este caso, el Instalador queda obligado, por este Pliego de Condiciones Técnicas, a aceptar el material que le indique la Dirección de Obra.

Si el Instalador propusiese una calidad similar a la especificada en Proyecto, corresponde exclusivamente a la Dirección de Obra definir si ésta es o no similar. Por tanto, toda marca o calidad que no sea la específicamente indicada en el Documento de medición y presupuesto o en cualquier otro Documento del Proyecto deberá haber sido aprobada por escrito por la Dirección de Obra previamente a su instalación, pudiendo ser rechazada, por tanto, sin perjuicio de ningún tipo para la propiedad, si no fuese cumplido este requisito.

Todos los materiales y equipos deberán ser productos normalizados de catálogo de Fabricantes dedicados con regularidad a la fabricación de tales materiales o equipos y deberán ser de primera calidad y del más reciente diseño del Fabricante que cumpla con los requisitos de estas especificaciones y la normativa vigente. Salvo indicación expresa escrita en contrario por la Dirección de Obra, no se aceptará ningún material y/o equipo cuya fecha de fabricación sea anterior, en 9 meses o más, a la fecha de Contrato del Instalador.

Todos los componentes principales de equipos deberán llevar el nombre, la dirección del Fabricante y el modelo y número de serie en una placa fijada con seguridad en un sitio visible. No se aceptará la placa del agente distribuidor. En aquellos equipos en los que se requiera placa o timbre autorizados y/o colocados por la Delegación de Industria o cualquier otro Organismo Oficial, será competencia exclusiva del Instalador procurar la correspondiente placa y abonar cualquier Derecho o Tasa exigible al respecto.

Durante la obra, el Instalador queda obligado a presentar a la Dirección de Obra cuantos materiales o muestras de los mismos le sean solicitados. En el caso de materiales voluminosos, se admitirán catálogos que reflejen perfectamente las características, terminado y composición de los materiales de que se trate.

## 6.6. Seguridad

Durante la realización de la obra se estará de acuerdo en todo momento con el "Reglamento de Seguridad e Higiene en el Trabajo" y, en general, con todas aquellas normas y ordenanzas encaminadas a proporcionar el más alto grado de seguridad, tanto al personal, como al público en general.

El Instalador efectuará a su cargo el plan de seguridad y el seguimiento correspondiente a sus trabajos, debiendo disponer de todos los elementos de seguridad, auxiliares y de control exigidos por la Legislación vigente. Todo ello con la debida coordinación en relación al resto de la obra, por lo que será preceptiva la compatibilidad y aceptación de este trabajo con el plan de seguridad general de la obra y, en cualquier caso, deberá contar con la conformidad de la Dirección Técnica responsable en obra de esta materia y el Contratista general. En cualquier caso, queda enterado el Instalador, por este Pliego de Condiciones Técnicas, que es de su total responsabilidad vigilar y controlar que se cumplen todas las medidas de seguridad descritas en el plan de seguridad, así como las normas relativas a montajes y otras indicadas en este apartado.

El Instalador colocará protecciones adecuadas en todas las partes móviles de equipos y maquinaria, así como barandillas rígidas en todas las plataformas fijas y/o móviles que instale por encima del suelo, al objeto de facilitar la correcta realización de las obras de su competencia.

Todos los equipos y aparatos eléctricos usados temporalmente en la obra serán instalados y mantenidos de una manera eficaz y segura e incluirán su correspondiente conexión de puesta a tierra. Las conexiones a los cuadros eléctricos provisionales se harán siempre con clavijas, quedando prohibida la conexión con bornes desnudos.

## 7. Documentación

### 7.1. Documentación gráfica

A partir de los planos del Proyecto es competencia exclusiva del Instalador preparar todos los planos de ejecución de obra, incluyendo tanto los planos de coordinación, como los planos de montaje necesarios, mostrando en detalle las características de construcción precisas para el correcto montaje de los equipos y redes por parte de sus montadores, para pleno conocimiento de la Dirección de Obra y de los diferentes oficios y Empresas Constructoras que concurren en la edificación. Estos planos deben reflejar todas las instalaciones en detalle al completo, así como la situación exacta de bancadas, anclajes, huecos, soportes, etc.

El Instalador queda obligado a suministrar todos los planos de detalle, montaje y planos de obra en general, que le exija la Dirección de Obra, quedando este trabajo plenamente incluido en su Oferta.

Estos planos de obra deben realizarse paralelamente a la marcha de la obra y previo al montaje de las respectivas instalaciones, todo ello dentro de los plazos de tiempo exigidos para no entorpecer el programa general de construcción y acabados, bien sea por zonas o bien sea general. Independientemente de lo anterior, el Instalador debe marcar en obra los huecos, pasos, trazados y, en general, todas aquellas señalizaciones necesarias, tanto para sus montadores, como para los de otros oficios o Empresas Constructoras.

Es, asimismo, competencia del Instalador, la presentación de los escritos, Certificados, visados y planos visados por el Colegio Profesional correspondiente, para la Legalización de su instalación

ante los diferentes entes u Organismos. Estos planos deberán coincidir sensiblemente con lo instalado en obra.

Asimismo, al final de la obra el Instalador queda obligado a entregar los planos de construcción y los diferentes esquemas de funcionamiento y conexionado necesarios para que haya una determinación precisa de cómo es la instalación, tanto en sus elementos vistos, como en sus elementos ocultos. La entrega de esta Documentación se considera imprescindible previo a la realización de cualquier recepción provisional de obra.

Cualquier Documentación gráfica generada por el Instalador sólo tendrá validez si queda formalmente aceptada y/o visada por la Dirección de Obra, entendiéndose que esta aprobación es general y no releva de ningún modo al Instalador de la responsabilidad de errores y de la correspondiente necesidad de comprobación y adaptación de los planos por su parte, así como de la reparación de cualquier montaje incorrecto por este motivo.

## 7.2. Documentación final de obra

Previo a la recepción de las instalaciones, cada Instalador queda obligado a presentar toda la Documentación de Proyecto, ya sea de tipo Legal y/o Contractual, según los Documentos de Proyecto y conforme a lo indicado en este Pliego de Condiciones. Como parte de esta Documentación, se incluye toda la Documentación y Certificados de tipo Legal, requeridos por los distintos Organismos Oficiales y Compañías Suministradoras.

En particular, esta Documentación se refiere a lo siguiente:

- Certificados de cada instalación, presentados ante la Delegación del Ministerio de Industria y Energía. Incluye autorizaciones de suministro, boletines, etc.
- Idem ante Compañías Suministradoras.
- Protocolos de pruebas completos de las instalaciones (original y copia).
- Manual de instrucciones (original y copia), incluyendo fotocopias de catálogo con instrucciones técnicas de funcionamiento, mantenimiento y conservación de todos los equipos de la instalación.
- Libro oficial de mantenimiento Legalizado.
- Proyecto actualizado (original y copia), incluyendo planos as-built de las instalaciones.
- Libro del edificio Legalizado.

Como parte de la Documentación que debe entregar el Instalador, durante y al final de la obra, queda incluida toda la información relativa al LIBRO DEL EDIFICIO, de acuerdo a lo estipulado por la Ley y según requiera, en todo caso, la Dirección Facultativa. Esta Documentación se refiere a planos as-built, normas e instrucciones de conservación y mantenimiento de las instalaciones, definición de las calidades de los materiales utilizados, así como su garantía y relación de Suministradores y normas de actuación en caso de siniestro o situaciones de emergencia.



# **Estado de mediciones y presupuesto**



## 1. Estado de mediciones

En este apartado se va a realizar una medición de las cantidades necesarias de cada uno de los componentes necesarios para llevar a cabo este proyecto.

### 1.1. Medición material

Descripción	Unidades
Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 32 A; curva C; 6000 A/10 kA	1,0
ACTI9 iID40 3PN 40A 300mA AC RCCB	1,0
Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 1P+N, 16 A, B curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)	1,0
Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 16 A; curva C; 6000 A/10 kA	3,0
Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 2P; 16 A; curva C; 6000 A/10 kA	1,0
Envolvente modular, PrismaSeT XS, 2 Filas 13 Módulos, Empotrar, Puerta Ahumada	1,0
Cable AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 6 mm <sup>2</sup> *	157,0
Cable AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 4 mm <sup>2</sup> *	292,5
Cable AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 1,5 mm <sup>2</sup> *	294,5
Tubo corrugado libre halógenos 32mm	0,5
Tubo rígido del tipo RPVC 25	31,0
Tubo rígido del tipo RPVC 20	97,5
Tubo rígido del tipo RPVC 16	98,2
Base CEE 16A, IP44, IK08, 380V, 3P+T, 50 Hz	1,0
Base SCHUKO Toma de corriente 2P+TT lateral 16A IP55	6

\* Medición total de todas las fases.

## 2. Presupuesto

En este apartado, se va a detallar el coste de los materiales.

### 2.1. Presupuesto material

Descripción	Precio unitario	Unidades	Total
ComPacT NSXm100B 25kA AC 4P4R 32A TMD ELINK	686,69 €	1,0	686,69 €
ACTI9 iID40 3PN 40A 300mA AC RCCB	386,47 €	1,0	386,47 €
Magnetotérmico, Acti9 iC60N, 1P+N, 16 A, B curva, 6000 A (IEC 60898-1), 10 kA (IEC 60947-2)	93,23 €	3,0	279,69 €
Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 4P; 16 A; curva C; 6000 A/10 kA	181,19 €	1,0	181,19 €
Interruptor magnetotérmico; Acti9 iC60N; 2P; 16 A; curva C; 6000 A/10 kA	88,50 €	1,0	88,50 €
Envolvente modular, PrismaSeT XS, 2 Filas 13 Módulos, Empotrar, Puerta Ahumada	93,55 €	1,0	93,55 €
Cable AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 6 mm <sup>2</sup>	0,94 €	157,0	147,58 €
Cable AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 4 mm <sup>2</sup>	0,65 €	292,5	190,13 €
Cable AFUMEX CLASS 750 V (AS) - H07Z1-K TYPE 2 (AS) 1,5 mm <sup>2</sup>	0,31 €	294,5	91,30 €
Tubo corrugado libre halógenos 32mm	0,48 €	0,5	0,24 €
Tubo rígido del tipo RPVC 25	0,65 €	31,0	20,15 €
Tubo rígido del tipo RPVC 20	0,48 €	97,5	46,80 €
Tubo rígido del tipo RPVC 16	0,37 €	98,2	36,33 €
Base CEE 16A, IP44, IK08, 380V, 3P+T, 50 Hz	21,98 €	1,0	21,98 €
Base SCHUKO Toma de corriente 2P+TT lateral 16A IP55	7,69 €	6	46,14 €
<b>Total</b>			<b>2.316,74 €</b>

### 2.2. Presupuesto total

Descripción	Total
<b>Total Material</b>	2.316,74 €
<b>Gastos Generales - 7%</b>	162,17 €
<b>Total</b>	2.478,91 €
<b>Beneficio Industrial - 1%</b>	24,78 €
<b>Total</b>	2503,70 €
<b>IVA - 21%</b>	525,78 €
<b>Total</b>	<b>3.029,47 €</b>

El presupuesto total del proyecto asciende a **TRES MIL VEINTINUEVE EUROS CON CUARENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.**



# **Bibliografía y webgrafía**



Jutglar, Lluís. Generación de energía solar fotovoltaica: Nuevas energías. Primera edición, 2012.

<https://www.electraenergia.online/>

<https://www.prysmiangroupcatalogue.com/prysmian/libro-blanco-instalacion-baja-tension/123/>

<https://guiaverda.gva.es/es/instal-lacions-d-il-luminacio-interior>

[https://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?informe=garantias\\_etiquetado\\_electricidad](https://gdo.cnmc.es/CNE/resumenGdo.do?informe=garantias_etiquetado_electricidad)

<https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/baja-tension/Paginas/guia-tecnica-aplicacion.aspx>

[https://www.mitma.gob.es/recursos\\_mfom/03pliegodecondiciones.pdf](https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/03pliegodecondiciones.pdf)

[https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_5654\\_FV\\_pliego\\_condiciones\\_tecnicas\\_instalaciones\\_conectadas\\_a\\_red\\_C20\\_Julio\\_2011\\_3498eaaf.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf)

<https://ikastaroak.birt.eus/>

<https://www.fronius.com/es-es/spain>

<https://www.se.com/es/es/>

<https://autosolar.es/>

<https://www.legrand.es/>

<https://www.lighting.philips.com/home>

<https://www.jasolar.com/html/en/>

<https://www.topcable.com/es/cables-de-baja-tension/cables-libres-de-halogenos/topsolar-pv-zz-f-h1z2z2-k/>

<https://www.esios.ree.es/es>

<https://circuitor.com/productos/compensacion-de-energia-reactiva-y-filtrado-de-armonicos/baterias-de-condensadores-bt/>

[http://www.upv.es/electrica/material\\_tecno/Transparencias03/Tema6/T6.pdf](http://www.upv.es/electrica/material_tecno/Transparencias03/Tema6/T6.pdf)

<https://www1.sedecatastro.gob.es/>

<https://cecu.es/laenergiaquenosune/index.php/energia-solar-fotovoltaica>

<https://solargis.com/es/maps-and-gis-data/download/world>

<https://www.comparalux.es/www/apuntes/magnitudesFundamentales.php>

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/12732/L%20U%20M%20I%20N%20O%20T%20E%20C%20N%20I%20A.pdf?sequence=1>

<https://www.teknosolar.com/protector-sobretensiones-cc-fotovoltaico/>

[https://www.gva.es/va/inicio/procedimientos?id\\_proc=21988](https://www.gva.es/va/inicio/procedimientos?id_proc=21988)

[https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/PLACE\\_es/Site/area/docAccCmpnt?srv=cmpnt&cmpntname=GetDocumentsById&source=library&DocumentIdParam=83954ee8-363b-4794-bc1b-5f06abbd3b15](https://contrataciondelestado.es/wps/wcm/connect/PLACE_es/Site/area/docAccCmpnt?srv=cmpnt&cmpntname=GetDocumentsById&source=library&DocumentIdParam=83954ee8-363b-4794-bc1b-5f06abbd3b15)

<https://tecnosolab.com/noticias/caracteristicas-electricas-de-los-paneles-solares/>

<https://solfy.net/placas-solares/historia-del-panel-solar/>

<https://www.helioesfera.com/horas-de-sol-pico-que-es-y-para-que-sirve/>

<https://tecnosolab.com/noticias/distancia-entre-filas-de-paneles-solares/>

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/98122/MOLINOS%20-%20Instalaci%C3%B3n%20el%C3%A9ctrica%20de%20una%20nave%20industrial.pdf?sequence=2>

<https://ingemecanica.com/proyectos/objetos/proyecto115/proyecto115b.pdf>

<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/831pub.pdf>