

E.T.S. de Ingeniería Industrial, Informática  
y de Telecomunicación

# Auditoría energética de un edificio de uso administrativo en Pamplona



Grado en Ingeniería  
en Tecnologías Industriales

Trabajo Fin de Grado

Alessandro de Obesso Sánchez

Faustino Gimena Ramos y Pedro Gonzaga Vélez

Pamplona, 07/06/2021

upna

Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa



## **Agradecimientos:**

Quiero agradecer a mi familia todo el apoyo que me han dado durante los momentos más duros de estos últimos años, personas que han confiado en mis capacidades y aptitudes como persona para poder haber enfrentado una carrera como es la del Grado en Tecnologías Industriales. Personas que se han preocupado de mí y me han sido de ayuda en muchos momentos, y que, sin ellos, seguro que no habría podido llegar a donde estoy ahora. Una mención especial entre todos ellos a mi madre, mi padre y mis abuelos que han estado allí siempre, aconsejándome y apoyándome.

También agradecer a todos aquellos amigos que han estado en momentos que realmente necesitaba evadirme de mi día a día. Personas con las que he podido desconectar y que sin duda han sido fundamentales para conseguir llegar donde he llegado. En especial agradecer a seis nombres propios como son: Jonathan, Alfonso, Maialen, Lledo, Nerea y Cristina. Todos vosotros habéis sido un gran pilar y apoyo durante todo este tiempo y mis agradecimientos van dirigidos en gran parte a vosotros.

También, agradecer a la Universidad el haberme aportado todo el conocimiento que he adquirido durante estos años de carrera y en especial a todos aquellos profesores que han despertado en mí el interés en esta carrera.

Y, por último, agradecer a mis compañeros del Servicio de Patrimonio del Gobierno de Navarra todo el interés, esfuerzo y preocupación que han ofrecido hacia mi persona y que me han dado la oportunidad de realizar este trabajo fin de grado.



## **Resumen:**

En el proyecto que se presenta a continuación, se abordarán distintos aspectos en relación con la auditoría energética en un bloque de oficinas situado en Pamplona. En una primera parte se expondrá la situación actual del edificio mediante un pequeño estudio previo de consumos, instalaciones térmicas, iluminación, envolvente del edificio y datos generales del mismo.

Posteriormente, se realizará una certificación energética del estado actual del inmueble para conocer posibles puntos de mejora que no se hubieran podido tener en cuenta en el apartado en el estudio previo y como demanda del promotor.

Tras la certificación se proponen seis medidas para la mejora de la eficiencia energética del edificio, donde se expondrán las ideas generales, ahorros y plazos de amortización. La última medida tratará el estudio de la implantación de un sistema de contribución energética mediante una instalación fotovoltaica.

Por último, se concluirá con un breve análisis sobre los resultados obtenidos tras la aplicación de estas medidas

**Palabras clave:** Auditoría, eficiencia, energía, ahorro, consumo, fotovoltaica.



## Índice

<b>Memoria</b> .....	1
1. Objeto.....	3
2. Promotor y proyectista .....	3
3. Emplazamiento.....	3
4. Alcance.....	5
5. Antecedentes .....	5
6. Normativa.....	7
7. Definiciones y abreviaturas.....	8
8. Estudio previo .....	10
8.1. Estudio energético .....	10
8.2. Estudio de la iluminación .....	34
8.3. Descripción de la instalación térmica actual .....	40
8.3.1. Funcionamiento de la instalación térmica actual.....	40
8.3.2. Elementos de la instalación térmica actual.....	42
8.4. Estudio termográfico de las instalaciones .....	49
8.4.1. Estudio termográfico de la envolvente del edificio.....	49
8.4.1. Estudio termográfico del sistema de calefacción .....	53
8.5. Indicadores de desempeño energético (IDE's).....	55
9. Certificación de eficiencia energética actual del edificio.....	57
9.1. Programa utilizado .....	58
9.2. Proceso de certificación: Datos administrativos.....	59
9.3. Proceso de certificación: Datos generales .....	60
9.4. Proceso de certificación: Sombras .....	62
9.5. Proceso de certificación: Envolvente térmica .....	63
9.5.1. Fachadas .....	64
9.5.2. Medianería.....	65
9.5.3. Cubierta .....	65
9.5.4. Partición interior.....	66
9.5.5. Huecos/Lucernarios.....	66
9.5.6. Puentes térmicos.....	68
9.6. Proceso de certificación: Instalaciones.....	69
9.6.1. Caldera .....	70

9.6.2.	Enfriadora.....	72
9.6.3.	Aero-enfriadora .....	73
9.6.4.	Bombas.....	73
9.6.5.	Iluminación.....	73
9.7.	Resultados y calificación obtenida .....	75
10.	Medidas de mejora .....	77
10.1.	Medida 1: Optimización de potencia contratada .....	77
10.2.	Medida 2: Cambio en la iluminación .....	86
10.3.	Medida 3: Reforma en el sistema de iluminación .....	89
10.4.	Medida 4: Instalación de láminas solares.....	91
10.5.	Medida 5: Concienciación del personal .....	93
11.	Estudio de implantación de energía fotovoltaica.....	95
11.1.	Antecedentes .....	95
11.2.	Elementos de la instalación fotovoltaica .....	101
11.3.	Dimensionamiento del sistema fotovoltaico. ....	120
11.3.1.	Emplazamiento.....	120
11.3.2.	Irradiancia y consumos energéticos .....	121
11.3.3.	Generador fotovoltaico.....	124
11.3.4.	Inversor.....	128
11.3.5.	Soporte .....	133
11.3.6.	Cableado.....	133
11.3.7.	Puesta a tierra .....	143
11.3.8.	Protecciones .....	144
11.4.	Comparativa con simulador.....	152
11.5.	Presupuesto.....	153
11.5.1.	Materiales .....	153
11.5.2.	Obra civil.....	155
11.5.3.	Presupuesto final .....	155
11.5.4.	Rentabilidad .....	156
12.	Resultados de la aplicación de las medidas .....	159
13.	Conclusiones .....	161
14.	Bibliografía .....	162
<b>ANEXO</b>	.....	<b>165</b>
ANEXO I: Datos de facturación .....		167
ANEXO II: Inventario de iluminación:.....		173



ANEXO III: Fichas técnicas .....	191
ANEXO IV: Certificación energética actual.....	265
ANEXO V: Informe PVGIS .....	273

## **PLANOS**

- 052021.1. Plano de situación
- 052021.2. Plano de emplazamiento
- 052021.3. Plano PB
- 052021.4. Plano P1
- 052021.5. Plano P2
- 052021.6. Plano P3
- 052021.7. Plano P4
- 052021.8. Plano P5
- 052021.9. Esquema unifilar instalación fotovoltaica
- 052021.10. Distribución de los paneles

Auditoría energética de un edificio de uso administrativo en Pamplona

Alessandro de Obesso Sánchez

# Memoria

Auditoría energética de un edificio de uso administrativo en Pamplona

Alessandro de Obesso Sánchez

# Memoria:

En la presente memoria se abordarán los aspectos fundamentales del Trabajo Fin de Grado como son los que se exponen en el índice de dicho trabajo.

## 1. Objeto

El objeto del siguiente trabajo es la elaboración de una auditoría energética en un edificio de uso administrativo propiedad del Gobierno de Navarra como es el Edificio de Administración Local. Una **auditoría energética** se puede entender como la “*Inspección y análisis sistemáticos del uso y consumo de energía en un emplazamiento, edificio, sistema u organización con el objetivo de identificar e informar acerca de los flujos de energía y del potencial de mejora de la eficiencia energética*” (Asociación Española de Normalización [AENOR], 2014). Así pues, se realizará un **estudio de las instalaciones de dicho edificio** y se valorarán los posibles **puntos de mejora del mismo**, buscando siempre una mejora en los datos de consumos y emisiones de gases de efecto invernadero para un obtener un **aumento de la eficiencia energética de la edificación**.

## 2. Promotor y proyectista

El promotor de esta auditoría es el **Gobierno de Navarra**, que, siguiendo los planes para la transición energética que se expondrán posteriormente, se ve en la necesidad de la realización de dichas auditorías en los edificios de su propiedad.

Por otra parte, el proyectista del presente proyecto es **Alessandro de Obesso Sánchez**, estudiante del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, el cual, aprovechando su estancia en prácticas en la Sección de Patrimonio del Gobierno de Navarra, realizará la auditoría como parte de su Trabajo Fin de Grado.

## 3. Emplazamiento

El edificio sobre el que se realizará la presente auditoría es el **Edificio de Administración Local**, situado en la Calle Arrieta, 12 (Polígono 2, Parcela 134), en la ciudad de Pamplona (CP:

31002), Comunidad Foral de Navarra. Dicho edificio presenta una superficie útil de **2376.7 m<sup>2</sup>** distribuida en 6 plantas sobre rasante (Una planta baja y 5 plantas superiores), además de una azotea, dos plantas bajo rasante y un garaje.

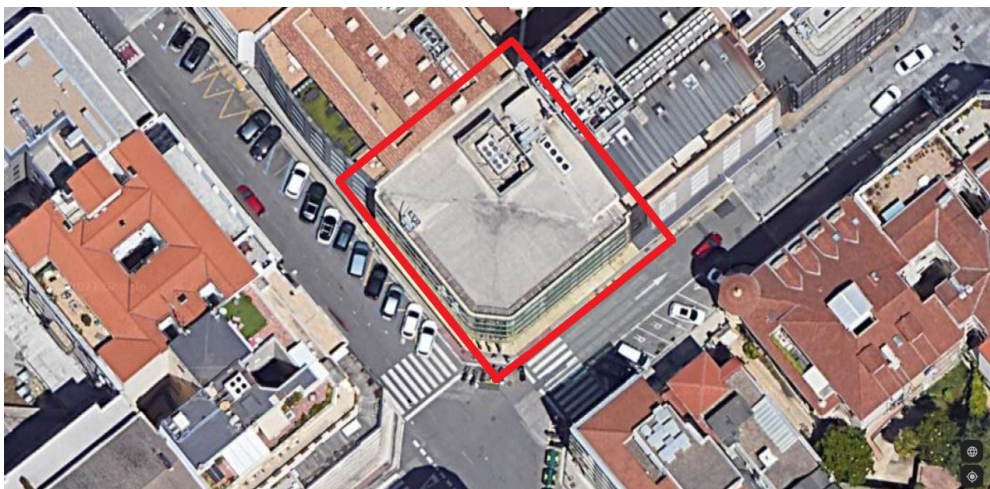
Otros datos de interés del edificio son:

- **Latitud:** 42° 48' 50.5'' Norte
- **Longitud:** 1° 38' 28.7'' Oeste
- **Altitud:** 450 – 474 m
- **Zona Climática (DB-HE):** D1

El edificio descrito es el siguiente:



*Ilustración 1: Edificio Administración Local.  
Fte: Google Maps.*



*Ilustración 2: Situación del edificio. Fte: Google Maps.*

## 4. Alcance

El alcance del proyecto será el siguiente:

- Valoración energética del edificio.
- Estudio de la envolvente del edificio.
- Calificación energética del edificio.
- Exposición de propuestas de mejora de la eficiencia energética.
- Estudio de la implantación de energías renovables (Fotovoltaica).
- Presupuesto.

## 5. Antecedentes

Estas auditorías energéticas forman parte del II Plan de Inmuebles sobre Eficiencia Energética del Gobierno de Navarra. Este plan de inmuebles viene impulsado debido a la necesidad que tiene la Unión Europea de crear una Europa mas moderna, ecológica, digital y resiliente a causa de la crisis creada por la COVID-19. Para ello, la UE, crea unos fondos los llamados **NextGenerationEU** cuya cantidad llega hasta los 1,8 billones de euros, el mayor paquete de estímulos jamás creado por la UE. Estos fondos se sustentan en tres pilares fundamentales, la digitalización, la igualdad entre todos los europeos independientemente de sexo o raza y el cambio climático, que es donde se encuentra incorporado el Plan de Inmuebles anteriormente citado. El 10 de Noviembre de 2020 se alcanza un acuerdo entre el Parlamento Europeo y los países de la unión sobre los presupuestos de la misma a largo plazo y el ya citado NextGenerationUE. Este acuerdo permitía reforzar los programas específicos incorporados en el presupuestos a largo plazo para el periodo de 2021-2027, por un total de 15.000 millones de euros. El 30% de estos presupuestos irían dirigidos a la lucha contra el cambio climático, que es la mayor asignación que ha recibido esta lucha en su historia.

Así pues, el Gobierno de Navarra, con la visión en estos presupuestos y concienciado con la lucha contra el cambio climático crea este plan. Éste está enmarcado dentro del Acuerdo de del Gobierno de Navarra de 24 de enero de 2018 se aprobó **la Hoja de Ruta de Cambio Climático de Navarra, KLINa**. Este plan aúna los compromisos internacionales y europeos relacionados con el cambio climático y la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del al menos el 45% para 2030 y del 80% para el año 2050, todos ellos referenciados al año 2005. Así

pues, este plan se crea con el objetivo de convertir a Navarra en una comunidad sostenible y resiliente.

A su vez, casi en la misma fecha, el Gobierno de Navarra aprueba el **Plan Energético de Navarra horizonte 2030 (PEN 2030)**, donde se detallan los objetivos y los caminos a seguir para la transición energética. Este plan, marca los pasos a seguir para la transición hacia una forma de generación y consumo energético basado en energías renovables, además de otros aspectos como la gestión de estas infraestructuras energéticas y la eficiencia energética, aspecto donde recae el plan donde se actuará. Para ello, el plan propone medidas para fomentar estos objetivos como ayudas públicas, apoyo a la investigación e innovación, y apoyo, también, a la formación y sensibilización.

Por otro lado, hay otros proyectos paralelos que está llevando a cabo la administración como es **LIFE-IP NAdapta-CC** que tiene como objetivo la adopción de medidas para la mejora de la eficiencia energética del patrimonio público construido entre 2020-2030. Para ello, este plan ofrece una serie de medidas correctoras y como llevarlas a cabo.

Así pues, el II Plan de Inmuebles del Gobierno de Navarra, va dirigido a locales de uso administrativo del propio gobierno, es decir oficinas. Las oficinas, tal y como se muestra en la Ilustración 3 supone un **9% del consumo** de las propiedades de la administración, una de las mas consumidoras junto con otros departamentos como son hospitales o centros educativos.

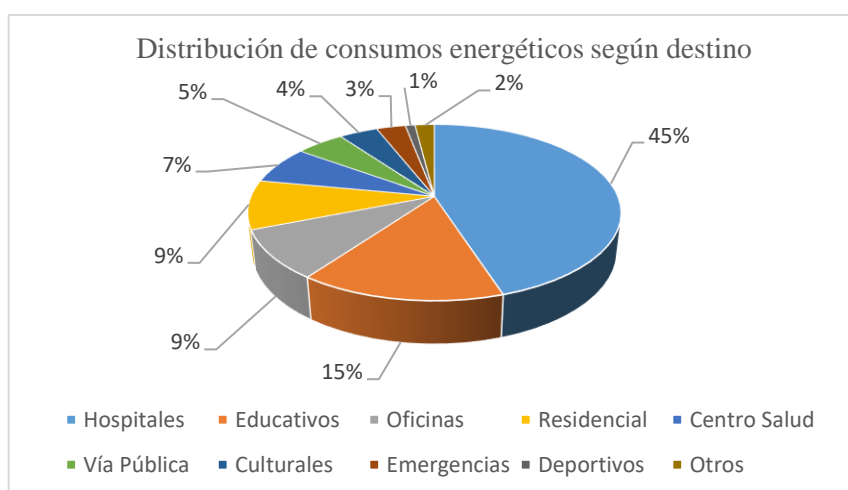


Ilustración 3: Distribución de consumos. Fte: [www.sie.navarra.es](http://www.sie.navarra.es)



Así pues, desde las competencias que tiene el Servicio de Patrimonio de Navarra, se ve en la necesidad, por los planes anteriormente expuestos, de tratar e intervenir en estos locales, para así cumplir con los objetivos que tiene el Gobierno.

Dicho servicio, tiene competencias sobre los locales de uso administrativo, es decir, oficinas o edificaciones fuera del ámbito educativo, hospitalario... Así que, si se analiza la distribución de consumos en estos locales, se obtienen los siguientes datos:

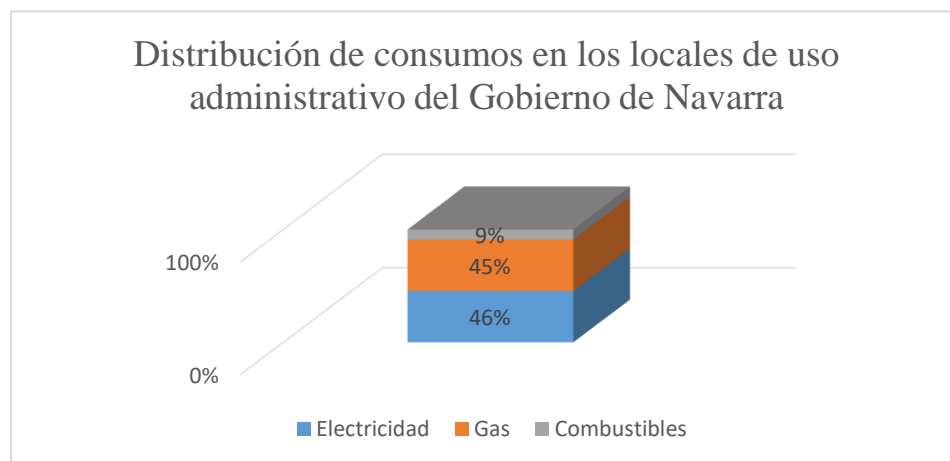


Ilustración 4: Distribución de consumos según la fuente. Fuente: Sistema de Información Energética (SIE)

Cabe destacar el gran terreno que abarcan en el consumo, la electricidad y el gas, siendo estos dos prácticamente utilizados en igual cantidad. Este aspecto, puede ser debido a la menor utilización de combustibles fósiles que está llevando la administración pública como elemento fundamental para la transición energética hacia un futuro con una menor contaminación.

## 6. Normativa

A continuación, se expondrán las normativas que se han tenido en cuenta para la redacción del trabajo:

- Código técnico de la edificación. DB-HE: Documento Básico de ahorro de energía
- Real decreto 56/2016 de 12 de febrero. Transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía.

- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- UNE-EN 12464-1:2012: Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores.
- UNE-EN ISO 13790:2011: Eficiencia energética de edificios. Cálculos de consumos de energía para calefacción y refrigeración de espacios.
- UNE-EN 15316: Eficiencia energética de los edificios.
- UNE-EN 15603-2008: Eficiencia energética de los edificios. Consumo global de energía y definición evaluaciones energéticas.
- UNE-EN 16247-1: Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales.
- UNE-EN 16247-2: Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios.

## 7. Definiciones y abreviaturas.

- **ACS:** Agua Caliente Sanitaria.
- **Auditoría energética:** *“Inspección y análisis sistemáticos del uso y consumo de energía en un emplazamiento, edificio, sistema u organización con el objetivo de identificar e informar acerca de los flujos de energía y del potencial de mejora de la eficiencia energética”* (AENOR, 2014).
- **CE3X:** Programa informático para la certificación energética de una edificación.
- **Consumo energético:** *“Cantidad de energía aplicada”* (AENOR, 2014).

- **Eficiencia energética:** “*Coeficiente u otra relación cuantitativa entre la salida en forma de rendimiento, servicio, bienes o energía y la entrada en forma de energía*” (AENOR, 2014).
  
- **Energía fotovoltaica:** “*Transformación directa de la radiación solar en electricidad.*” (www.appa.es).
  
- **Envoltura térmica de un edificio:** “*Piel o dermis del mismo, la capa más externa que define los límites entre el exterior y el interior.*” (www.efenergia.com).
  
- **FV:** Fotovoltaica.
  
- **IDE: Indicador de desempeño energético.** Coeficiente o relación entre dos variables donde una de ellas es de tipo energético. Ej: kWh/m<sup>2</sup>.

## 8. Estudio previo

En este apartado se realizará un pequeño estudio previo de las instalaciones con el objetivo de identificar posibles puntos de mejora del inmueble y sentar una referencia y línea de partida del trabajo.

### 8.1. Estudio energético

A continuación, se abordará el análisis de los consumos eléctricos del inmueble para poseer una visión general del hábito de consumo anual del mismo. Así pues, se analizan las facturas eléctricas de dos años atrás (2019 y 2020) para tener una idea más general de los consumos del edificio.

Las comercializadoras de los dos años en cuestión son:

- 2019: **Enérgya VM Gestión de Energía, S.L.U.** (Periodo de facturación: 08/01/2019 - 28/01/2020)
- 2020: **Endesa Energía, S.A.** (Periodo de facturación: 29/01/2020 - 28/01/2021).

Además, el inmueble presenta dos puntos de suministro diferentes, uno referente **al propio edificio** y otro referente **al sótano**.

Las instalaciones que abarca cada punto de suministro aparecen en la siguiente tabla:

*Tabla 1: Instalaciones por punto de suministro*

Punto de suministro	Instalaciones
Edificio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantas baja, primera, segunda, tercera, cuarta y quinta</li> <li>- Escaleras edificio</li> <li>- Cuadro informático</li> <li>- Ascensor</li> <li>- Recepción</li> <li>- Fotocopiadoras</li> </ul>
Sótano	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Climatización</li> <li>- Sótano</li> <li>- Calderas</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Escaleras Sótano</li> <li>- Garajes</li> </ul>
--	---

Ambos puntos presentan una **tarifa 3.0 A de tres periodos**. Los periodos son tramos del día donde tanto el precio de la electricidad como el consumo de la misma varía de manera significativa. Tal y como se ha citado, esta tarifa está dividida en tres periodos P1, P2 y P3, los cuales corresponden a los siguientes tramos horarios:

Tabla 2: Tramos horarios tarifa 3.0 A

<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>
10h – 14h 18h – 22h	8h - 10h 14h – 18h 22h – 24h	0h – 8h

Por tanto, observando las horas correspondientes a cada periodo se pueden hacer las siguientes suposiciones:

- El mayor consumo se realizará en el **periodo P2** ya que abarca las horas de apertura de oficinas y horas de utilización, además de representar un mayor tiempo de consumo.
- El consumo realizado en el **periodo P1** no deberá diferir en gran cantidad con el consumo en P2 ya que este periodo abarca las horas centrales del día donde los usuarios del edificio realizan sus labores.
- El consumo en el **periodo P3** debe ser muy diferente al resto y pequeño ya que durante este periodo está fuera de la jornada laboral o jornada de uso del edificio. Así que los consumos que haya deberán ser los correspondientes a elementos que no se han apagado o que no se pueden desconectar de la red eléctrica y siguen consumiendo a pesar de no usarse.
- La potencia máxima consumida nunca puede ser superior a la contratada, de lo contrario la comercializadora impondrá una serie de penalizaciones que consistirá en el pago de una potencia superior a la consumida durante todo el mes.

Así pues, si los datos obtenidos no cumplen alguna de estas condiciones será objeto de análisis para descubrir su causa.

Además, la facturación en términos de potencia sigue la siguiente normativa:

- Si la potencia consumida es **inferior a 0,85 veces** la potencia contratada, se facturará 0,85 veces la potencia contratada.
- Si la potencia consumida se encuentra **entre 0,85 veces y 1,05 veces** la potencia contratada, se facturará la potencia consumida.
- Si la potencia consumida es **superior a 1,05 veces** la potencia contratada, se aplicará la siguiente fórmula:

$$P_{Pen.x} = P_{cons.x} + 2 * (P_{cons.x} - 1.05 * P_{contr.x})$$

Donde:

- $P_{pen.x}$ : Potencia de penalización resultante en el periodo x en kW.
- $P_{cons.x}$ : Potencia consumida en el periodo x en kW.
- $P_{contr.x}$ : Potencia contratada en el periodo x en kW

Cabe destacar que recientemente se han establecido nuevos periodos de facturación que entrarán en vigor el 1 de junio de este mismo año (2021), tal y como se desarrolla en la Circular 3/2020, de 15 de enero de 2020 y en la Resolución del 18 de marzo de 2021 de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, donde entre otras cosas, se establece que los tres periodos presentados anteriormente se dividirán en 6, de tal forma que el periodo 2 se dividirá a su vez en 3 periodos distintos, cumpliéndose siempre la siguiente relación para las potencias contratadas:

$$\begin{array}{c} \text{Antes: } P_{C1}, P_{C2}, P_{C3} \\ \underbrace{\hspace{10em}} \\ \text{Ahora: } P_{C1} \leq P_{C2} \leq P_{C3} \leq P_{C4} \leq P_{C5} \leq P_{C6} \end{array}$$

Es decir, antes no había presente ninguna restricción con respecto a los valores de potencia contratados, sin embargo, con la nueva legislación, a partir del 1 de junio, se impondrá la relación de potencias expuestas anteriormente.

Por tanto, si no se realiza ninguna modificación en el contrato, todas las nuevas potencias contratadas, tanto del P1 hasta el P6 **adquirirán un valor igual al mayor valor de potencia contratada anteriormente**. Lo que supondrá un gran gasto extra, por tanto, será fundamental establecer las potencias que se expondrán en el apartado de medidas ya que no supone ninguna inversión inicial y posee un gran potencial de ahorro.

Por otro lado, nuevos periodos, quedan definidos de la siguiente forma:

Tabla 3: Nuevos periodos según la Circular 3/2020

Periodo horario	Tipo de día				
	Tipo A	Tipo B	Tipo B1	Tipo C	Tipo D
P1	De 9 h a 14 h De 18 h a 22 h	-	-	-	-
P2	De 8 h a 9 h De 14 h a 18 h De 22 h a 0 h	De 9 h a 14 h De 18 h a 22 h	-	-	-
P3	-	De 8 h a 9 h De 14 h a 18 h De 22 h a 0 h	De 9 h a 14 h De 18 h a 22 h	-	-
P4	-	-	De 8 h a 9 h De 14 h a 18 h De 22 h a 0 h	De 9 h a 14 h De 18 h a 22 h	-
P5	-	-	-	De 8 h a 9 h De 14 h a 18 h De 22 h a 0 h	-
P6	De 0 h a 8 h	De 0 h a 8 h	De 0 h a 8 h	De 0 h a 8 h	Todas las horas del día.

Donde el tipo de día se define como:

- Tipo A: lunes a viernes no festivos en los meses de enero, febrero, julio y diciembre.
- Tipo B: lunes a viernes no festivos en los meses de marzo y noviembre.
- Tipo B1: lunes a viernes no festivos en los meses de junio, agosto y septiembre.
- Tipo C: lunes a viernes no festivos en los meses de abril, mayo y octubre.
- Tipo D: sábados, domingos, festivos y 6 de enero.

Por tanto, se observa un cambio significativo en los tramos de facturación.

Por otro lado, el nombre de la tarifa del edificio en cuestión será **3.0 TD**.

Además, en cuanto a las penalizaciones por exceso de potencia, se ve modificada la fórmula para cuantificar éstas, la cual se aplica cuando la potencia máxima consumida es superior

a la potencia contratada. En esta circular, se introduce un término de exceso de potencia en €/kW. Todos estos términos, junto con los factores de discriminación por periodo horario, se pueden obtener de la siguiente tabla:

Tabla 4: Factores de exceso de potencia. Fte: BOE. 23 de marzo 2021

		2.0 TD	3.0 TD	6.1 TD	6.2 TD	6.3 TD	6.4 TD
Precio del exceso de potencia (€/kW).		1,406400	1,406400	1,406400	1,406400	1,406400	1,406400
Coeficiente Kp.	Periodo	2.0 TD	3.0 TD	6.1 TD	6.2 TD	6.3 TD	6.4 TD
	1	1,0000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000	1,000000
	2	0,0410	0,873773	1,000000	1,000000	1,000000	0,786444
	3		0,352340	0,542748	0,490071	0,547301	0,388643
	4		0,287883	0,410280	0,437187	0,319935	0,279621
	5		0,107572	0,028371	0,030054	0,061337	0,052149
	6		0,107572	0,028371	0,030054	0,061337	0,052149

Así pues, la nueva fórmula para el cálculo de las penalizaciones será:

$$F_{EP} = \sum_{p=1}^{P=i} K_p * t_{ep} * \sqrt{\sum_{j=1}^n (Pd_j - Pc_p)^2} \quad (Ec. 1)$$

Donde:

- $F_{EP}$ : Facturación en excesos de potencia (€)
- $K_p$ : Coeficiente de relación de precios del periodo horario p, que se expone en la Tabla 4
- $t_{ep}$ : Término de exceso de potencia en €/kW. Este término se expone en la Tabla 4.
- $Pd_j$ : Potencia demandada en cada uno de los cuartos de hora j del período horario p en que se haya sobrepasado  $Pc_p$  (kW).
- $Pc_p$ : Potencia contratada en el periodo p (kW).
- i: Número de periodos horarios.
- n: Número de cuartos de horas que se ha sobrepasado la potencia contratada.

Cabe destacar que, al contrario de la anterior forma de penalizar los excesos de potencia, en la nueva circular se establece que éstas serán facturadas por periodos cuarto-horarios. Es decir, con la anterior legislación, si en un momento del mes la potencia consumida era mayor que el



105% de la potencia de contratada se penalizaba **el mes completo**. Con la actual resolución, se establece que solo se facturará la penalización correspondiente al **periodo cuarto horario** en el que se halla sobrepasado el 100% de la potencia contratada. Sin embargo, hay que tener cuidado con este aspecto ya que, aunque parezca una ventaja, debido a que no se penaliza todo el mes, no es así porque los términos de penalizaciones expuestos en la Tabla 4 son hasta 3 veces mayores que los anteriormente vigentes. Así pues, habrá que observar que momentos del año se sobrepasa la potencia contratada y durante cuánto tiempo.

Además, los precios de los términos de energía y potencia también cambian (parte variable y fija correspondientemente). Los precios de la parte fija disminuyen, mientras que los de la variable aumentan.

Sin embargo, para la parte de análisis se considerarán los 3 tramos iniciales y posteriormente, si es necesaria alguna medida, se considerarán los 6 tramos de la nueva circular.

Con todo esto, se recogen los datos de las facturas mensuales que interesan para el estudio (consumo mensual, potencia contratada y potencia consumida) en la tabla del **ANEXO I**.

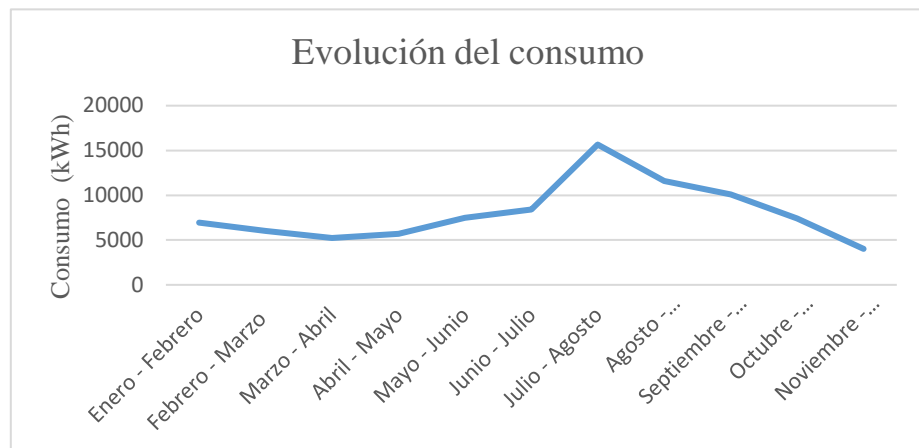
En este anexo se puede observar que los consumos de sótano y edificio son completamente diferentes en cuanto a tendencias y consumos, por lo que se separarán para su análisis:

**- Consumo eléctrico del sótano:**

A su vez, se diferenciará entre ambos años. Sin embargo, cabe destacar que en el año 2020 la comercializadora ENDESA ofreció los datos de facturación en periodos de tiempo muy desiguales (desde 12 hasta 37 días), por lo que se ha decidido representar un hipotético consumo medio diario para que los distintos datos pudiesen ser comparables y centrar el análisis en la tendencia.

**- Consumo eléctrico 2019:**

A continuación, se presenta la curva de consumo del sótano cuyos valores han sido extraídos de las facturas mensuales del mismo.

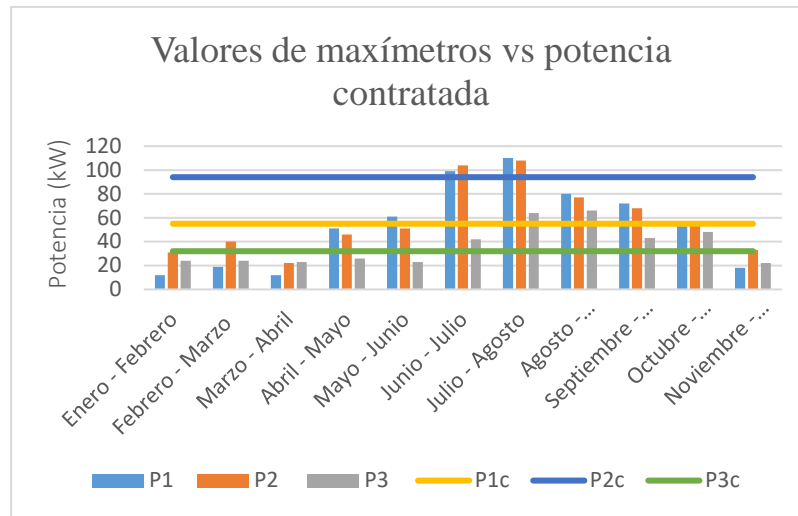


Gráfica 1: Evolución consumo sótano 2019

Tal y como se observa en la Gráfica 1 el consumo alcanza su pico en los meses de agosto y septiembre, coincidiendo con los meses de más calor del año. Por lo que cabe intuir que este pico se produce debido al uso de sistemas de refrigeración los cuales consumen en gran cantidad de energía, por lo que sería interesante buscar una alternativa a usar estos equipos para así conseguir una disminución notable del consumo eléctrico.

Además, se puede observar que los consumos por periodos cumplen lo anteriormente expuesto, sin embargo, se considera que el consumo del periodo P3 es excesivo para la franja horaria que representa. Esto puede ser debido a que se dejan encendidos multitud de aparatos y sistemas que a pesar de que no hay uso alguno de ellos, siguen consumiendo, por lo que sería interesante explorar **medidas de concienciación** de los ocupantes para poder disminuir el consumo en esta franja.

Por otro lado, si se comparan las potencias máximas consumidas medidas con el maxímetro de la distribuidora y las contratadas se obtiene la siguiente gráfica:



Gráfica 2: Comparativa potencias sótano 2019

Como se observa, las tres potencias contratadas correspondientes a cada uno de los periodos se ven superadas por las potencias consumidas correspondientes en algún momento. Esto supone las siguientes penalizaciones:

Penalizaciones P1	1.400,46 €
Penalizaciones P2	110,30 €
Penalizaciones P3	419,89 €
<b>Penalizaciones TOTAL</b>	<b>1.930,65 €</b>

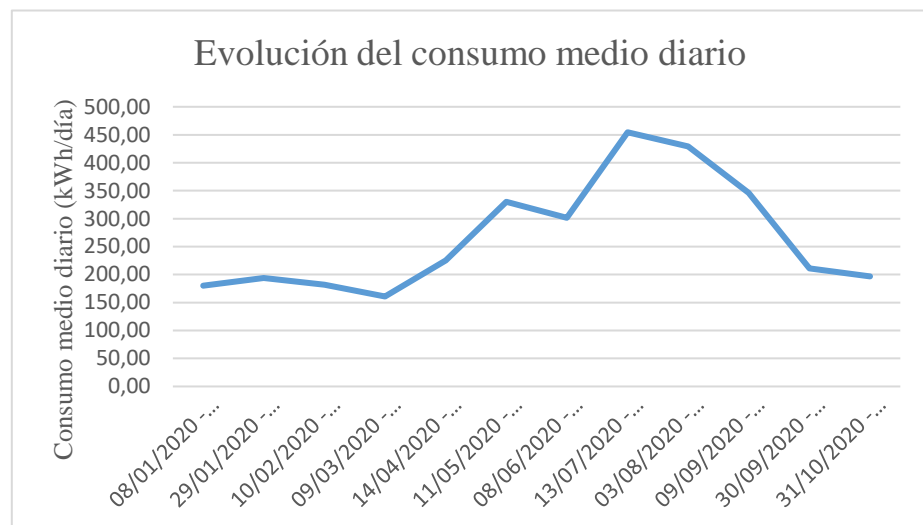
Es decir, supone un gasto anual en penalizaciones de **1930,65 €**.

Sin embargo, los primeros y últimos meses del año, la potencia contratada es muy superior a la potencia consumida.

Por todo ello, en el apartado de **medidas de mejora** que se expondrán al final del informe, se presentará un apartado de optimización de la potencia contratada para así disminuir la factura anual del inmueble.

- **Consumo eléctrico 2020:**

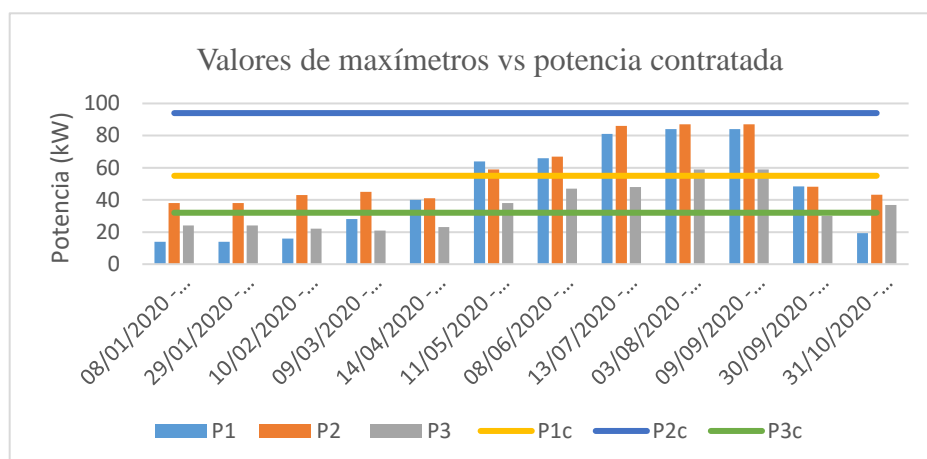
Tal y como se ha expuesto anteriormente, las facturas proporcionadas en este año presentan una gran disparidad de días facturados, por lo que se ha decidido usar el término de consumo medio diario para así comparar la tendencia que ha adquirido el consumo durante el año 2020.



Gráfica 3: Evolución consumo medio diario sótano 2020

Como se observa, la tendencia que adquiere la curva es similar a la de 2019, con un máximo en los meses veraniegos y mínimos en los meses más fríos. Así que las consideraciones a realizar en este apartado serían las mismas que en el caso de 2019.

A continuación, tal y como se ha realizado anteriormente, se analizan los consumos de potencia y su relación con las potencias contratadas:



Gráfica 4: Comparativa potencias sótano 2020

Tal y como se observa en la gráfica anterior, hay presentes similitudes con el año anterior, sin embargo, también hay presentes algunas diferencias:

- El valor de potencia consumida (máxímetros) en los meses de verano y de máximo consumo, supera en algunos casos la potencia contratada. Sin embargo, en este caso, la potencia contratada en el periodo 2, nunca se ve superada por la potencia consumida en el mismo periodo. Las penalizaciones de este año se pueden observar a continuación:

Penalizaciones P1	867,60 €
Penalizaciones P2	- €
Penalizaciones P3	341,34 €
<b>Penalizaciones TOTAL</b>	<b>1.208,94 €</b>

Así pues, las penalizaciones suponen un aumento en la factura eléctrica de **1208,94 €**. Estas penalizaciones son significativamente menores que las del año anterior (**-37,38 %**), sin embargo, aún presentan un valor elevado.

- El valor de la potencia consumida en los meses de invierno y mínimo consumo es muy inferior a la potencia contratada.

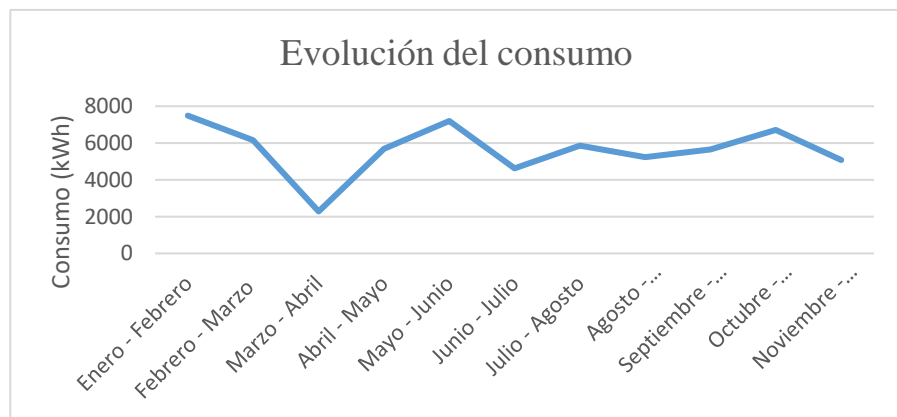
Por todo ello, y tal y como se ha citado anteriormente, se realizará un estudio para la optimización de la potencia contratada y así disminuir la factura anual del inmueble.

### Consumo eléctrico del edificio:

A su vez, se diferenciará entre ambos años. Sin embargo, cabe destacar que en el año 2020 la comercializadora ENDESA ofreció los datos de facturación en periodos de tiempo muy desiguales (desde 12 hasta 37 días), por lo que se ha decidido representar un hipotético consumo medio diario para que los distintos datos pudiesen ser comparables y centrar el análisis en la tendencia.

#### - Consumo eléctrico 2019:

A continuación, se presenta la curva de consumo del sótano cuyos valores han sido extraídos de las facturas mensuales del mismo.



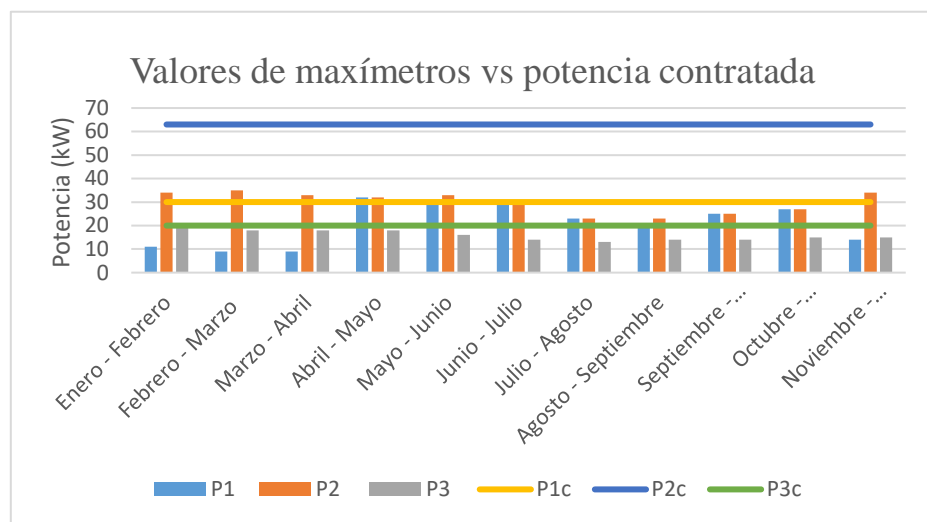
Gráfica 5: Evolución consumo edificio 2019

Tal y como se ha citado antes, los consumos de edificio y sótano son muy dispares ya que, en este caso, los consumos mensuales presentan cierta continuidad, sin grandes saltos entre un periodo de tiempo y otro.

Además, el pico de consumo se produce en enero y febrero, aunque esto no quiere decir que en verano se consuma menos, ya que en estos meses se produce un segundo pico de consumo, menor que el anterior, pero similar.

Todo esto puede ser debido a que este consumo es el propio de la luminaria, ordenadores, etc. Por ello no se produce esa gran disparidad que se presenta en el sótano y el consumo es prácticamente constante a lo largo del año.

A continuación, se presenta la comparativa entre los valores de potencias máximas consumidas y las potencias contratadas:



Gráfica 6: Comparativa potencias edificio 2019

Tal y como se observa en la gráfica anterior, las potencias consumidas en el edificio son significativamente menores que en el sótano.

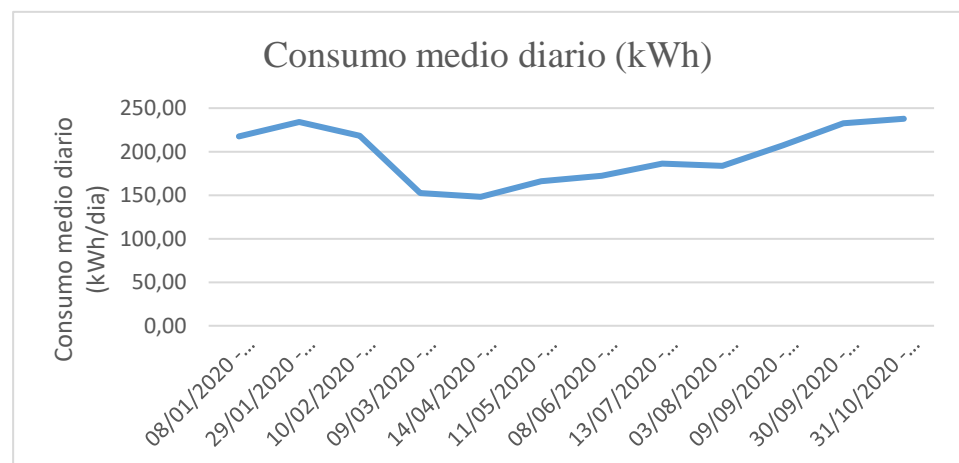
Además, la potencia contratada 2 es muy superior a la realmente consumida, por lo que sería interesante disminuirla.

Por otro lado, en este caso sí que hay meses en los cuales hay presentes penalizaciones, sin embargo, no se toman en cuenta al ser muy pequeños en relación con la factura de ese mismo año.

De todas formas, como se realizará con el caso del sótano, se presentará un pequeño estudio de optimización de las potencias contratadas para disminuir la facturación anual del edificio.

- **Consumo eléctrico 2020:**

Tal y como se ha expuesto anteriormente, las facturas proporcionadas en este año presentan una gran disparidad de días facturados, por lo que se ha decidido usar el término de consumo medio diario para así comparar la tendencia que ha adquirido el consumo durante el año 2020.

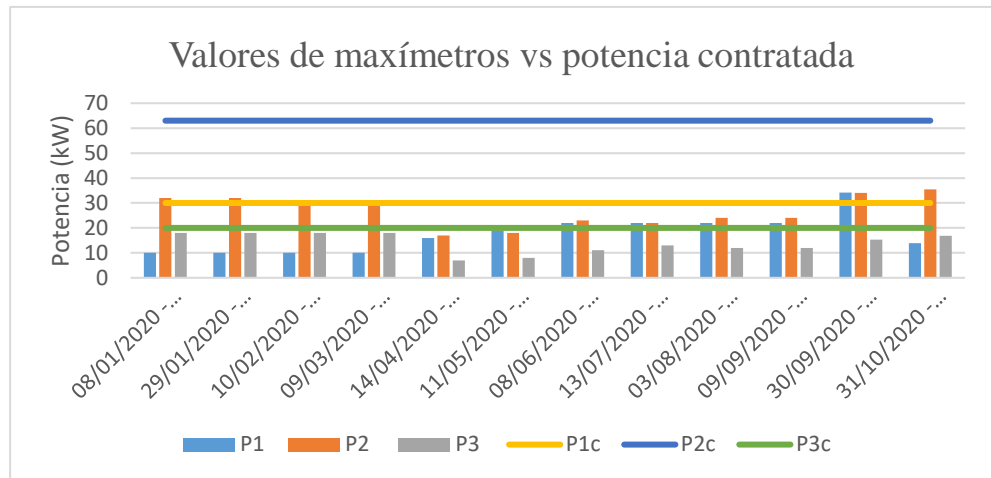


Gráfica 7: Evolución consumo medio diario edificio 2020

Como se observa, y tal como pasa en el caso anterior, el consumo medio diario es prácticamente constante a lo largo del año, produciéndose la misma tendencias que en 2019. Así pues, todas aquellas consideraciones realizadas en ese año, se pueden extrapolar a este.

A continuación, y tal y como se ha hecho durante todo este apartado, se realizará la comparativa entre potencia máxima consumida y la potencia contratada:





Gráfica 8: Comparativa potencias edificio 2020

Tal y como se observa, la potencia en el periodo 2 vuelve a presentar un valor muy superior al valor de potencia consumida en ese mismo periodo. Así pues, este aspecto consolida la idea de disminución de esta potencia contratada.

Además, tal y como pasa en el caso del año anterior, el consumo de potencia en el periodo 1 de ciertos meses supera la contratada, sin embargo, este exceso no es notable, por lo que, tal y como se ha realizado antes, se despreciará.

Con todo ello, hay varias líneas de actuación claras relacionadas con la facturación:

- Concienciación del personal para conseguir un menor consumo.
- Optimización de la potencia contratada.
- Cambio de equipos y consumidores de energía para un menor consumo.

Para corroborar lo anteriormente citado, además de la veracidad de las facturas, se accede a los registros del contador para así observar el consumo que ha habido en días y semanas clave para su análisis.

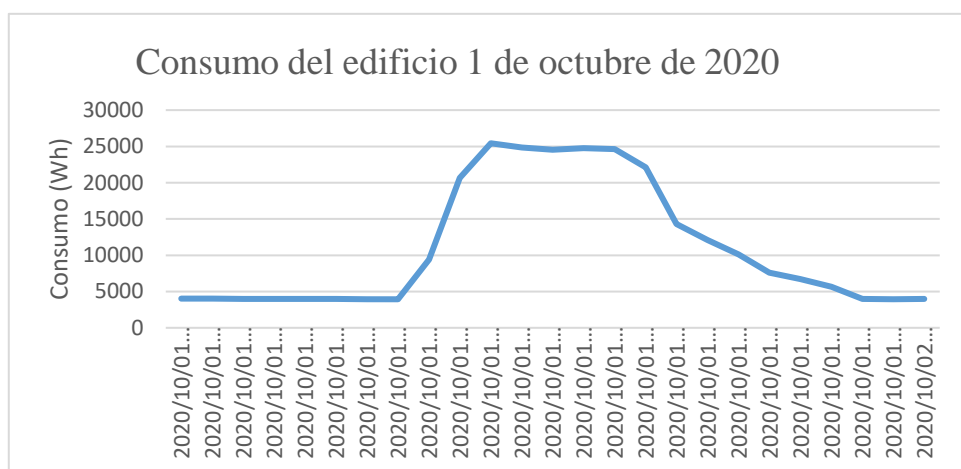
Así pues, se analizará el consumo en días aleatorios, tanto entre semana, como el fin de semana. También en fechas especiales como festivos, navidades, etc. con el objetivo de conocer

el consumo en esos momentos, ya que idealmente, éste debería ser nulo al no haber usuarios, ni trabajadores dentro del edificio.

A continuación, se analizarán los consumos del edificio y posteriormente, se analizarán los consumos del sótano

- **Edificio. Periodo 1 de análisis: 1 de octubre de 2020.**

A continuación, se presenta una gráfica que muestra los valores horarios del consumo el día 1 de octubre de 2020.



Gráfica 9: Consumo del edificio. 1 de octubre de 2020

Tal y como se muestra en la gráfica anterior el consumo del edificio se concentra principalmente en las horas centrales del día (9 a.m. – 5 p.m.) las cuales corresponden al horario de trabajo de los ocupantes de la oficina.

El consumo del inmueble se ajusta perfectamente a la información aportada por los responsables del edificio. Según ellos:

- En torno a las **7:30 a.m.** llega la responsable de encender todo el sistema de alumbrado del edificio. Este hecho se observa perfectamente en la gráfica ya que entorno a esa hora, la curva empieza a ascender tras permanecer durante la noche entorno al valor de **4 kWh**.

- Tras este momento comienzan a llegar los trabajadores. Encienden ordenadores, luces de oficinas, luces de baños, conectan enchufes... Este hecho se observa en la tendencia ascendente de la curva hasta llegar a un valor máximo de consumo de unos **25 kWh**. Cuando llega este momento, todos los trabajadores ya han llegado al edificio y el consumo se mantiene constante entorno a ese valor.
  
  - La jornada laboral de los trabajadores suele estar comprendida hasta las **4 – 5 p.m.** aspecto que se observa claramente en la gráfica al comenzar a disminuir el consumo a partir de las horas citadas anteriormente. El consumo va disminuyendo con una pendiente inferior a la subida ya que hasta las **6:30 – 7 p.m.** el edificio sigue teniendo usuarios en su interior, concretamente los responsables de la limpieza del edificio.
  
  - Finalmente, durante toda la noche el consumo es prácticamente constante con un valor en torno a **4 kWh**. Este consumo, idealmente debería ser nulo, ya que no se están utilizando las instalaciones, sin embargo, el consumo es bastante elevado. Esto puede ser debido a que hay ordenadores, luces, sistemas de seguridad (cámaras de video vigilancia) ... que se dejan encendidos, además de los servidores de la red del edificio que también se dejan conectados.
- 
- **Edificio. Periodo 2 de análisis: Semana del 5 al 9 de octubre de 2020.**

A pesar de lo dicho en el apartado anterior, un día no es una muestra representativa del consumo del edificio, así que se analizan varios días para observar si se cumple lo anteriormente expuesto.



Gráfica 10: Consumo edificio semana del 5 al 9 de octubre

Por tanto, se observa que la tendencia es prácticamente similar a la anteriormente expuesta, con las subidas y bajadas en el mismo momento, sin embargo, la única diferencia es el consumo máximo el cual varía conforme va transcurriendo la semana, pasando de entorno los **33 kWh** del lunes hasta los **24 kWh** del viernes.

- **Edificio. Periodo 3 de análisis: Semanas del 2 al 19 de noviembre de 2020.**

Este aspecto puede ser debido a la temporada en la que se ha realizado el análisis. Por ello, se escoge otro periodo de tiempo más amplio y en una temporada diferente como es el mes de noviembre:



Gráfica 11: Consumo edificio semanas del 2 al 19 de noviembre de 2020

- **Edificio. Periodo 4 de análisis: Fin de semana tipo**

También es interesante conocer la evolución del consumo del edificio en momentos donde no hay presentes trabajadores ni usuarios. Un ejemplo claro de este periodo es un fin de semana, donde, normalmente, el edificio permanece cerrado.



Gráfica 12: Consumo edificio fin de semana (3 y 4 de octubre del 2020)

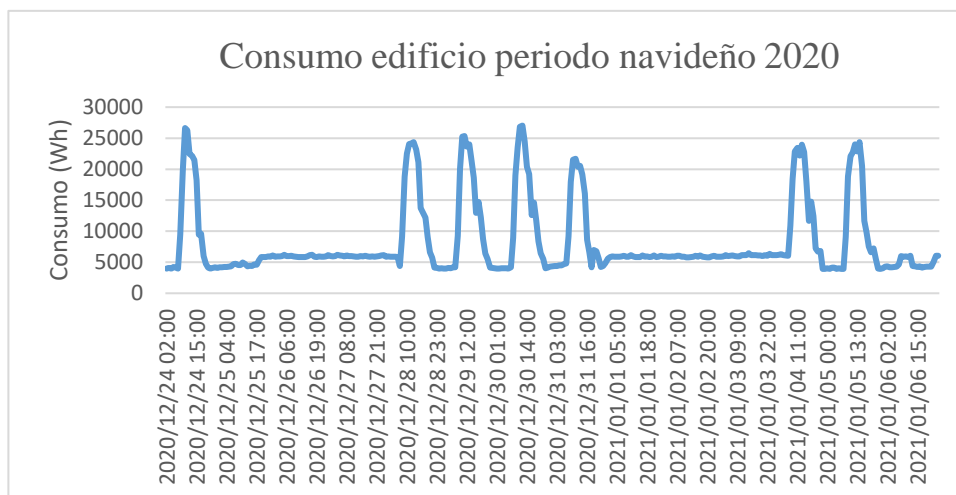
Como se observa, el consumo es prácticamente constante, entorno a los **4 kWh**, tal y como sucede en las noches, lo que reafirma la idea que este consumo viene producido por elementos como ordenadores, servidores, u otros consumidores que se mantienen encendidos a pesar de no haber usuarios en el edificio.

En una situación ideal, el consumo debería ser nulo, al no estar utilizándose ningún tipo de instalación, sin embargo, aparatos como servidores o elementos que necesiten estar conectados a la red, seguirán consumiendo a pesar de este aspecto.

Así pues, un objetivo de esta auditoría, entre otros tantos, será proponer medidas para conseguir disminuir el consumo en estos periodos, ya que este gasto en energía (Fin de semanas y noches) supone un gasto extra de alrededor de **1100 €/año**.

- **Edificio. Periodo 5 de análisis: Navidades 2020**

Por último, se ha escogido analizar el consumo durante el periodo navideño, para ver como es éste durante los días festivos:



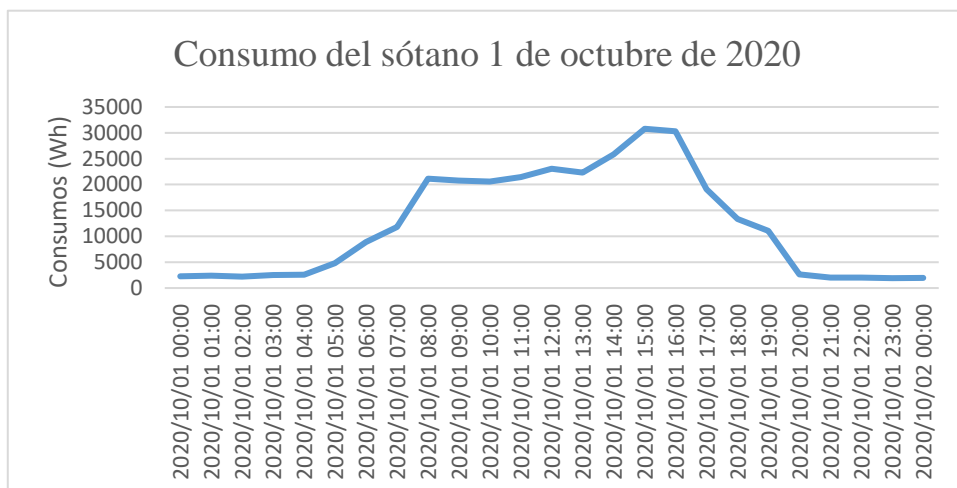
Gráfica 13: Consumo edificio periodo navideño

Como se observa, ocurre un aspecto fuera de lo esperado, ya que el consumo durante los días festivos no es de alrededor **4 kWh**, sino que aumenta hasta los **6-7 kWh**. Es interesante conocer el porqué de esto ya que puede suponer una gran oportunidad de ahorro. Sin embargo, hablando con los responsables del edificio, el hábito de consumo durante esos días fue el mismo que un fin de semana, así pues, se ha decidido no darle importancia a este aspecto y considerarlo como cualquier día no laborable

A continuación, se analizan los mismos periodos, pero para el sótano:

- **Sótano. Periodo 1 de análisis: 1 de octubre de 2020.**

A continuación, se presenta una gráfica que muestra los valores horarios del consumo el día 1 de octubre de 2020.



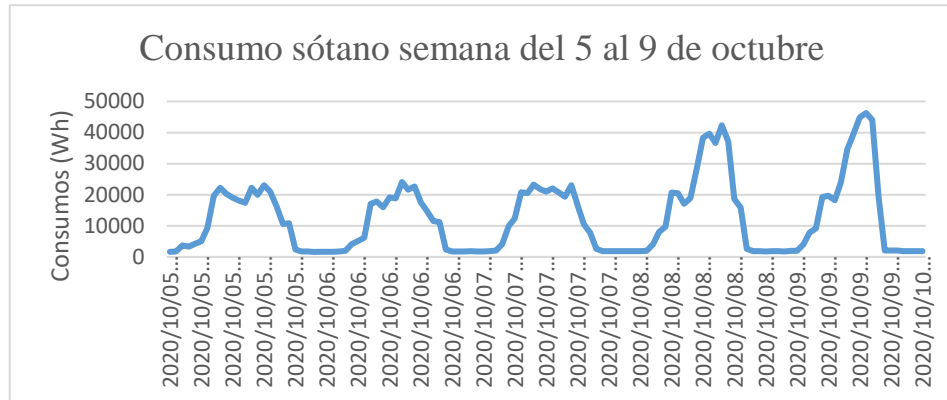
*Gráfica 14: Consumo del sótano 1 de octubre de 2020*

Observando las facturas, cabría esperar que el máximo consumo del sótano sería mayor que en el edificio, sin embargo, esto no es así, ya que, este punto es similar al caso del edificio. La diferencia entre ambos casos, es que el periodo donde se produce el mayor consumo es más extenso en el sótano que en el edificio ya que en este caso, la curva de consumo empieza a ascender mucho antes, en torno a las **4 a.m.** A esa hora no hay nadie en el edificio, por lo que se presupone que el sistema de conexión y desconexión de las cargas referenciadas a este punto de suministro será automático y que a partir de esa hora empezarán a funcionar los sistemas conectados a éste. Además, la pendiente de la curva descendente es mucho más pronunciada que en el caso del edificio, lo que acentúa la idea de los equipos de conexión y desconexión automáticos. Este descenso en el consumo se produce desde las **4 p.m. hasta las 8 p.m.** donde la curva adquiere un valor constante de unos **2,5 kWh**, aspecto también interesante ya que es prácticamente la mitad del consumo que se realizaba durante las mismas horas en el edificio.

Sin embargo, como se ha realizado anteriormente con el edificio, es necesario poseer una muestra más amplia del consumo.

- **Sótano. Periodo 2 de análisis: Semana del 5 al 9 de octubre de 2020.**

A continuación, se presenta una gráfica que muestra los valores horarios de los consumos correspondientes a la semana del 5 al 9 de octubre de 2020.



Gráfica 15: Consumo sótano semana del 5 al 9 de octubre

Tal y como se muestra en la gráfica anterior, el comportamiento de las distintas curvas de consumo es totalmente opuesto al caso del edificio, ya que, mientras en este último, iba disminuyendo el consumo máximo conforme iba transcurriendo la semana, en el caso del sótano va aumentando, alcanzándose picos de hasta **45 kWh**, con toda seguridad debido a la climatización del edificio.

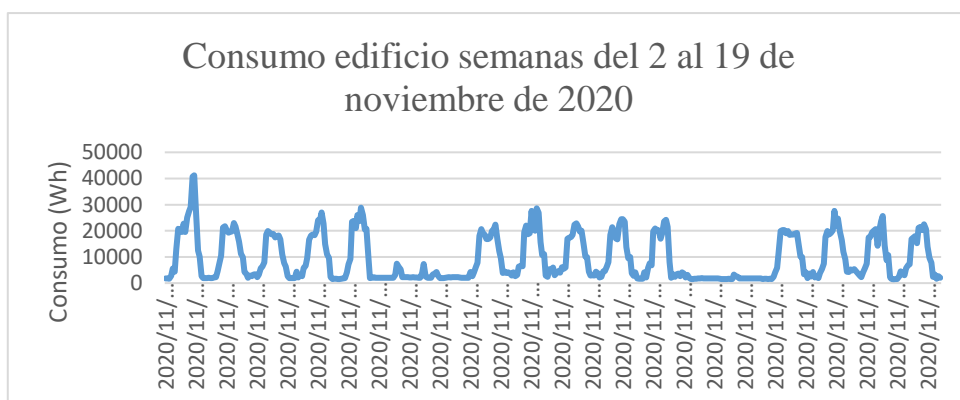
Por otro lado, se muestra que la tendencia descrita en el periodo 1 de análisis del sótano es correcta ya que aproximadamente, todos los días de la semana, la curva de consumo adquiere esta misma tendencia.

Sin embargo, como se ha realizado anteriormente, se observarán varias semanas de una temporada diferente para conocer si esta tendencia de consumos es constante o depende del momento del año en el que se encuentre el edificio.



- **Sótano. Periodo 3 de análisis: Semanas del 2 al 19 de noviembre de 2020.**

A continuación, se presenta una gráfica que muestra los valores horarios de los consumos correspondientes a las semanas del 2 al 19 de noviembre de 2020.



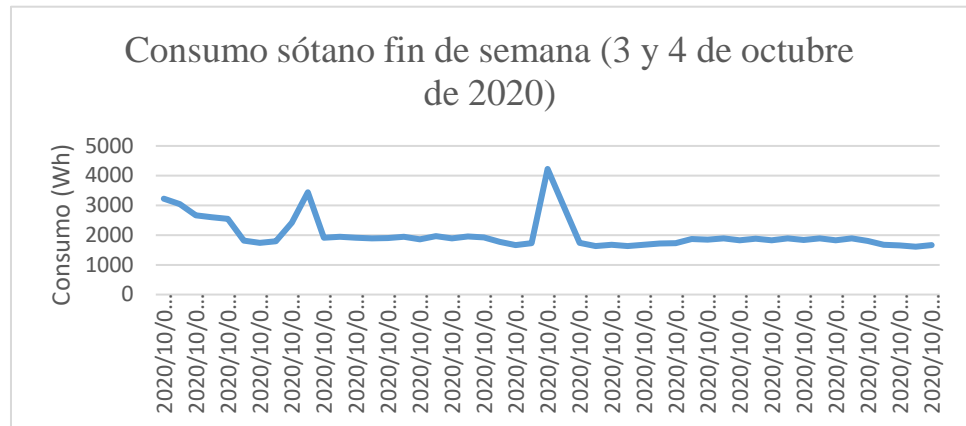
Gráfica 16: Consumo sótano semanas del 2 al 19 de noviembre de 2020

Tal y como se observa en la gráfica anterior, se producen picos de consumo que pueden llegar hasta los **45 kWh** que se han presentado en el caso del periodo de análisis 2.

Por tanto, hay que conocer el hecho que origina estos picos para así ponerles freno y conseguir una reducción importante tanto en términos de potencia como en términos de consumo. Pero todo hace pensar que son causados por los equipos de climatización del edificio. Así pues, se buscará medidas para disminuir el consumo de estas instalaciones.

- **Sótano. Periodo 4 de análisis: Fin de semana tipo**

A continuación, se presenta una gráfica que muestra los valores horarios del consumo el fin de semana del 3 y 4 de octubre de 2020.

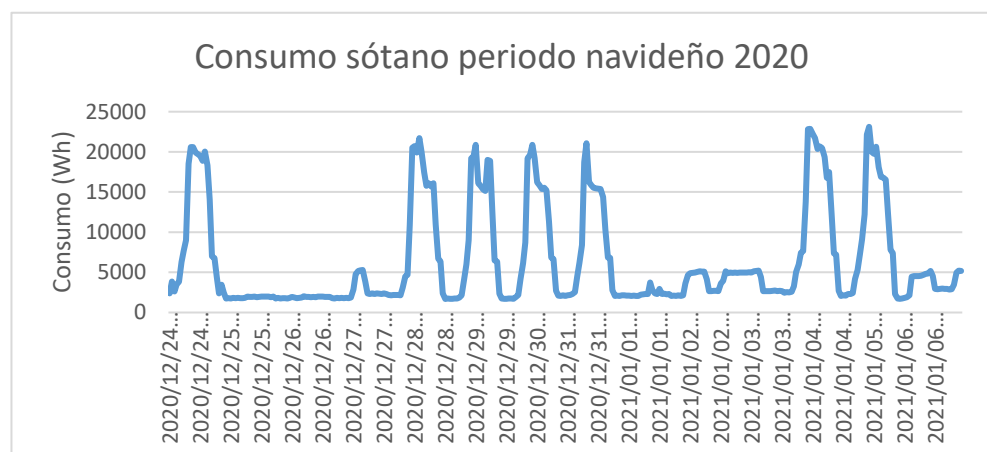


Gráfica 17: Consumo sótano fin de semana (3 y 4 de octubre de 2020)

Como se observa en la gráfica anterior, el consumo del sótano permanece constante en torno a **2 kWh**. Esto supone una disminución del 50% del consumo que realiza el edificio en el mismo periodo. Además, el consumo tiene muchas menos variaciones que en el otro caso. Por todo ello, se considera que este punto de suministro, durante este periodo posee un comportamiento “normal”.

- **Sótano. Periodo 5 de análisis: Navidades 2020.**

A continuación, se presenta una gráfica que muestra los valores horarios del consumo en el periodo navideño de 2020.



Gráfica 18: Consumo sótano periodo navideño 2020

En la gráfica anterior se observan varios puntos interesantes, como son:

- No se produce ningún pico de consumo durante ningún día laborable del periodo navideño, por lo que se podría estudiar la posibilidad que se adopten hábitos como los que se han adoptado durante estos días para así disminuir el consumo de los **45 kWh a los 20 kWh**. Esto supone una disminución del consumo del **55,5%**. Si se consiguiera disminuir a estos niveles, se lograrían ahorrar alrededor de **1180 €/año**. Por tanto, es interesante conocer la causa de estos excesos de consumo.

Cabe destacar que ese ahorro (1180 €/año) se produciría solo en términos de energía. Las disminuciones de estos picos de consumo también se traducen en una disminución en la potencia máxima consumida, y por tanto un mayor ahorro debido a los términos de potencia.

Por otro lado, se observa que ocurren fenómenos diferentes que en el edificio ya que, durante el periodo festivo, el consumo se mantiene igual que a la noche o un fin de semana, aspecto que no ocurría en el edificio.

Además, se producen unas pequeñas mesetas que llegan hasta alrededor de los 5 kWh en días puntuales del periodo festivo. También será interesante conocer la razón de este sobreconsumo ya que no es habitual que se produzcan estas.

## 8.2. Estudio de la iluminación

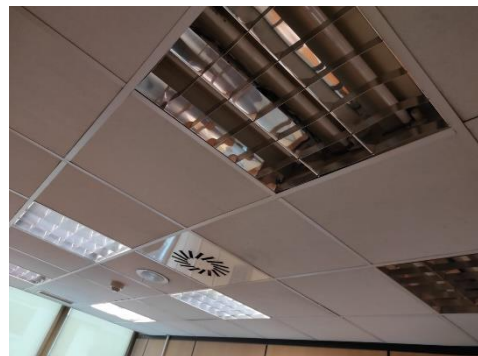
Como iluminación del edificio se entiende todo dispositivo destinado a aportar luz artificial ya sea para poder ver en zonas con ausencia de luz natural o por comodidad en zonas donde el aporte de luz natural es suficiente, pero que, por necesidades personales del usuario, es necesaria la aportación de un mayor nivel de luminosidad.

La iluminación del edificio es muy variada, consecuencia de medidas puntuales realizadas en el mismo como son el cambio de iluminación conforme la vida útil de la anterior iba acabándose. Así pues, los equipos de iluminación existentes en el edificio son los siguientes:

- **Tubo Fluorescente 18 W, 60 cm:** Estos tubos están localizados en multitud de puntos del edificio, habitualmente como una **luminaria empotrada para lámpara fluorescente de 3 tubos**. Sobre todo, están localizados en los despachos y oficinas, siendo el número de éstas muy variado, abracando un intervalo desde 2 de estas luminarias en una oficina, hasta 9 en otra. Cabe destacar que este sistema es poco eficiente ya que cada luminaria poseerá una potencia de **54 W**. Con esa potencia y considerando otros diversos aspectos (Aporte de luz natural, uso del espacio...), en el apartado de medidas, se detallará el posible cambio de iluminación.



*Ilustración 5: Luminaria de 3 tubos de 18W. Oficina 2.2.*



*Ilustración 6: Luminaria de 3 tubos de 18W. Despacho 2.2.*

- **Tubo fluorescente 36 W, 120 cm:** Estos tubos están localizados en multitud de puntos del edificio. Habitualmente se encuentran como una **luminaria empotrada para lámpara fluorescente de 2 tubos**. Sin embargo, su uso también se encuentra muy presente en las escaleras del edificio, estando encendidas durante toda la jornada. En esta localización, la luminaria pasa de tener 2 tubos a uno solo. Tal y como se ha citado anteriormente, la luminaria, que contiene estos tubos, más utilizada es la de 2 tubos, esto supone una potencia por luminaria de **72 W**. Se considera que la potencia instalada de estas luminarias es excesiva para el uso al que se les ve sometidas. Así pues, se analizarán las posibles vías de mejoras mediante la sustitución de estos elementos.



*Ilustración 8: Luminaria de 1 tubo de 36 W. Escaleras*



*Ilustración 7: Luminaria de 2 tubos de 36 W.  
Despacho 3.5*

- **Tubo fluorescente 58W, 150 cm:** Este tipo de tubos, al contrario que los anteriores, son muy poco frecuentes en el edificio. Habitualmente se encuentran como una **luminaria empotrada para lámpara fluorescente de 2 tubos**. Su uso en el edificio en muchos casos se considera totalmente innecesario. Un claro ejemplo es el uso de 2 de estas luminarias en un archivo. La potencia destinada a iluminación en esa localización es de **232 W**, excesivo para el uso al que estará expuesto. Así pues, se analizarán las posibles vías de mejoras mediante la sustitución de estos elementos.



*Ilustración 9: Luminaria de 2 tubos de 58 W. Archivo 3.*

- **Bombilla fluorescente compacta 26 W:** Este tipo de bombillas son las predominantes en el edificio. Habitualmente se encuentran como una **luminaria empotrada para lámpara fluorescente compacta 2 x 26 W**. Su uso en el edificio se extiende desde iluminación de pasillos, hasta iluminación de oficinas. En muchos casos, se ha observado que solo hay instaladas 1 de las 2 bombillas posibles. Preguntando la razón de este hecho se ha expuesto que con una era suficiente para el uso que se le daba y que no se necesitaba más. Este hecho es muy interesante ya que es posible reducir a la mitad en algunos casos la potencia instalada en la iluminación.

Además, este tipo de luminarias se observa una gran oportunidad de mejora ya que una vez más, se observa un gasto extra en iluminación totalmente incensario.



*Ilustración 11: Luminaria lámpara fluorescente compacta 26 W*



*Ilustración 10: Luminaria lámpara fluorescente compacta 26 W. Despacho 3.6.*

- **DOWNLIGHT HAT EH 24 W LED:** Este tipo de iluminación se encuentra situado, solamente, en la 5ª planta fruto de una reforma reciente en la instalación. Así pues, debido a este hecho, no se verá modificada ninguna de estas iluminaciones. Sin embargo, sí que se expondrá como una de las medidas a llevar a cabo, la concienciación del personal.

Un claro ejemplo de la necesidad de esta concienciación es una rutina que se ha ido observando durante las visitas al edificio. En la sala de reuniones hay instaladas 59 downlights como las que se describen en este apartado, además de aporte solar por estar al lado de una ventana. También hay presentes 5 interruptores que controlan 10, 8, 14, 14 y 13 downlights respectivamente. Con todo ello, en la primera visita se observó que la sala estaba ocupada por dos personas y las 59 downlights estaban encendidas.

Esto supone un consumo de **1,416 kWh**. Si se repite esta costumbre durante 8 horas de jornada laboral, durante 250 días al año, supondría un consumo de **2832 kWh**. Lo que supone un gasto extra anual de alrededor de **232,22 €**.

A una primera vista de este caso, no supone una cantidad excesiva de dinero, sin embargo, si este pensamiento se va extendiendo a todo el edificio y además durante un periodo largo de tiempo puede suponer un exceso importante en la factura de la luz.

Este caso se puede observar en la siguiente imagen tomada el 21/04/2021



*Ilustración 12: Caso malos hábitos de consumo. Planta 5. Caso 59 LED's para dos personas*

Así pues, la concienciación del personal se podrá ver expuesta como una de las medidas a llevar a cabo como resultado de esta auditoría.



*Ilustración 13: DOWNLIGHT HAT EH 24 W LED.  
5ª Planta*

- **Otras bombillas:** También hay presentes otro tipo de bombillas situadas en aseos y pasillos. Estas bombillas suelen ser de 10-15 W. Aunque también hay presentes lámparas fluorescentes compactas de 18 W en los pasillos y bombillas incandescentes más antiguas de 50, 60 o hasta 100 W. Estas últimas están muy poco presentes en el edificio, existiendo alrededor de 10-15 de ellas.

Sin embargo, como como el uso de todas estas bombillas no es mayoritario y además su potencia no muy grande, no se le da la importancia que se les ha otorgado a las demás. En el apartado de medidas se expondrán posibles mejoras para este tipo de iluminación.



*Ilustración 14: Iluminación aseo masculino 3ª  
Planta. Bombillas de 10 y 15 W*



*Ilustración 15: Iluminación pasillo 2.1. Bombilla  
18 W.*



Así pues, todos los puntos de iluminación del edificio quedan definidos en el **ANEXO II**. Como se observa en él, se encuentran definida cada punto por la potencia unitaria, el número de unidades y la potencia total del lugar. Además de indicar el número de pulsadores o interruptores disponibles en la ubicación.

Este último aspecto es bastante interesante ya que, en una situación ideal, debería haber al menos tantos interruptores como personas para así controlar la zona iluminada y poder disminuir el consumo. Por ello, en el apartado de medidas, se expondrá la posible incorporación de interruptores en ciertos puntos del edificio con objeto de un mayor control en la iluminación y, por tanto, un menor consumo.

Además, un aspecto relacionado con los interruptores es el control que se realiza sobre algunos puntos del edificio como son pasillos y recibidores. Estos puntos son controlados desde el cuadro general de cada planta o en su defecto desde un cuadro general del edificio situado en la primera planta. Por ello, sería interesante en estos casos, el uso de sistemas de control de presencia, ya que estos puntos se encuentran encendidos alrededor de 11h al día el cual corresponde al periodo desde que la primera persona llega y enciende toda esta iluminación hasta que la última persona abandona el edificio, apagando la misma.

### 8.3. Descripción de la instalación térmica actual

A continuación, se presentará la instalación térmica actual que posee el edificio. Como se citará durante este desarrollo, **no se estima oportuno la modificación de ninguno de los componentes de esta instalación**, debido a las razones que se darán a lo largo del apartado. Por tanto, no se analizará en profundidad la instalación térmica actual.

En un principio, se expondrá una descripción de la instalación y su funcionamiento y posteriormente, se describirán cada uno de los elementos más importantes de los que está compuesta la instalación.

Las localizaciones más importantes son:

- La **caldera** está situada en el sótano -2 del edificio y aporta la demanda solicitada a todo el edificio.
- El **equipo de refrigeración** está situado en la azotea del edificio y aporta la demanda de refrigeración solicitada a todo el edificio.

Por tanto, se comienza describiendo el funcionamiento de la instalación térmica actual.

#### 8.3.1. Funcionamiento de la instalación térmica actual

La instalación térmica del edificio está compuesta por dos circuitos de agua muy diferenciados, pero que, en la práctica, comparten elementos y zonas comunes de la instalación.

Estos dos circuitos son:

- **Circuito de calefacción (caldera):** Por este circuito circula el agua caliente procedente de la caldera. Esta agua caliente sube a todas las plantas con la ayuda de una bomba y a través de unas salas que se hayan en las escaleras del edificio se distribuye a cada una de las 6 plantas de las que se compone el edificio. Después con la ayuda de otra bomba de retorno el agua “fría” vuelve a la sala de calderas.

En un comienzo el agua “fría” llega a la sala de calderas del edificio a una temperatura de **60,1 °C** donde parte de ella pasa a través de la caldera, la cual sale de ella a una temperatura de **70,5 °C** y otra parte se junta

directamente con el agua caliente procedente de la caldera. Este conjunto, a una temperatura de **62,4 °C**, es impulsada con la ayuda de una bomba hacia los pisos superiores. Como se observa la diferencia entre el agua impulsada y la retornada no es muy grande ya que durante el proceso de auditoría no fue necesaria una gran demanda de calefacción por parte del edificio.

Por otra parte, en cada una de las plantas, hay presentes circuitos de distribución para entregar la demanda solicitada a cada uno de los sectores. A través de unos *fancoils* se aporta la calefacción demandada. Una vez se ha utilizada, el agua “fría” retorna a la sala de calderas para volver a repetir el ciclo.

- **Circuito de refrigeración (Enfriadora):** Por este circuito circula el agua fría procedente de la enfriadora. Esta agua fría baja a todas las plantas, en este caso, sin ayuda de bomba alguna y a través de las salas que se hayan en las escaleras del edificio se distribuye a cada una de las 6 plantas de las que se compone el edificio. Después con la ayuda de dos bombas de retorno, el agua más caliente vuelve a la enfriadora.

Este circuito es más complejo que el anterior ya que entran en juego diversos elementos. Por un lado, posee varias temperaturas de consigna, es decir, temperaturas de activación y desactivación del sistema. Por una parte, lo que denominan enfriadora posee unas temperaturas de consigna de: Temperatura de activación: **14°C** y temperatura de desactivación **12°C**. Por tanto, si el agua que circula por el sistema es superior a 14°C el sistema se activará para refrigerarla. Por el contrario, si la temperatura del agua que circula es inferior a 12°C, el circuito se desactivará. Estas temperaturas pueden verse modificadas desde el sistema de control que posee el edificio. Por otro lado, el circuito también posee un aero-enfriador, con unas temperaturas de consigna de: Temperatura de activación: **10°C** y temperatura de desactivación **8°C**.

Este aero-enfriador, está situado antes de la enfriadora. Esto se realiza con objeto de que el consumo eléctrico por parte de la enfriadora sea menor ya que el agua que entrará en el sistema tendrá una temperatura menor

y, por tanto, la energía que necesitará la enfriadora para disminuir la temperatura del fluido será también menor.

Una vez enfriada el agua, ésta es distribuida a cada una de las plantas del edificio a través de las mismas zonas que las del circuito de calefacción. Estas zonas situadas en los descansillos de las escaleras se denominan “**Instalación de 4 tubos**” llamada así por los 2 tubos (ida y retorno) del sistema de calefacción y los 2 tubos (ida y retorno) del sistema de refrigeración. En cada una de estas instalaciones se distribuye el agua fría por cada una de las plantas con objeto de usarla como fuente de refrigeración.

Una vez absorbido el calor de cada planta, el agua calentada es retornada, gracias a 2 bombas dispuestas en paralelo, a la azotea donde se repetirá el ciclo anteriormente expuesto.

Cabe destacar que, analizando el sistema actual, **no se estima oportuna actuación alguna en cuanto a refrigeración y calefacción** se trata, ya que ambos sistemas son bastante recientes, fruto de actuaciones previas en el edificio y además poseen un sistema automatizado y de control bastante nuevo y adecuado para las funciones que desempeña. Por tanto, toda actuación que englobaría cambio de caldera o cualquier otro tipo de sustitución, encarecería mucho el precio de las reformas oportunas y llevarían aparejados periodos de amortización muy altos. Sumado a este aspecto, hay que tener en cuenta, como ya se ha citado, que es un sistema reciente, por lo que aún no se sabe si estos se han amortizado aún o no.

En resumen, a día de la realización de esta auditoría no se estima oportuna la realización de actuación alguna en los sistemas de refrigeración y calefacción. Sin embargo, conforme pase el tiempo, y según la normativa vigente, se tendrá que ir considerando **la sustitución de la caldera de gasoil** por una de bajas emisiones y más eficiente, como es una caldera de condensación. Pero se insiste que, hoy en día, no se ve oportuno.

### **8.3.2. Elementos de la instalación térmica actual**

A continuación, se presentarán los distintos elementos de los que está compuesta la instalación térmica del edificio, separando siempre los dos circuitos existentes (calefacción y refrigeración).

### a) Elementos de la instalación de calefacción:

Los elementos más importantes de esta instalación son:

- **Caldera:** Este elemento es el encargado de la generación de calor, para posteriormente transferirlo a un fluido termoprotador, mediante la quema de un combustible, en el caso del edificio objeto, **gasoil**. La caldera presente es una **BUDERUS - Logano GE515 295**. La potencia nominal de la caldera es de 295 kW. La imagen de la caldera, junto con sus características se pueden observar a continuación:



Ilustración 16: Calera Buderus Logano GE515 295

Tabla 5: Parámetros caldera

<b>Modelo</b>	Logano GE515 295
<b>Dimensiones</b>	1750 x 980 x 1556
<b>Combustible</b>	Gasoil
<b>Potencia nominal (kW)</b>	295
<b>Potencia útil (kW)</b>	241-295
<b>Rendimiento</b>	96%
<b>Presión máxima (bar)</b>	6
<b>Temperatura máxima (°C)</b>	120

- **Bombas:** Es el elemento encargado de hacer circular el agua a través del circuito. Para el circuito de calefacción hay dos tipos de bombas bien diferenciadas debido a su función en él.

Primero están presentes las bombas situadas en la sala de calderas, las cuales son denominadas como BC1 y BC3. En el esquema de la instalación térmica, también sale indicada una tercera bomba BC2 conectada

en paralelo con BC1. Sin embargo, en la visita que se realizó a la instalación no se encontró dicha bomba. Son unas bombas de la marca **Grundfos**, pero de diferente modelo debido al uso que se le va a dar.

Después, en cada piso del edificio se encuentran presentes otro tipo de bombas, denominadas como BC.P1, BC.P2...BC.P5, destinadas a la distribución del agua por cada planta. También son de la marca **Grundfos**, sin embargo, un modelo diferente a los ya citados debido al diferente uso que se le da a este tipo de bombas.

A continuación, se presentan las diferentes bombas que hay presentes en el edificio:

Tabla 6: Características de las bombas destinadas a calefacción

Denominación	Modelo	Potencia nominal (kW)	Cantidad
BC1	Grundfos UPS 65-185 F	1,55	1
BC3	Grundfos UPS 50-30 F	0.15	1
BC.PX	Grundfos TP 65-180/2	1.5	5

Las diferentes bombas se observan en las siguientes ilustraciones:



Ilustración 18: Bomba BC1



Ilustración 17: Bomba BC3

- **Vaso de expansión:** Éste es un elemento de protección. Su uso es el de soportar los aumentos y disminuciones de presión del agua que puedan producirse en el circuito de calefacción debido a variaciones de en la temperatura del líquido. Si no existiese este elemento, estas variaciones de presión repercutirían en el propio sistema, lo que provocarían daños o incluso la rotura de partes del sistema. Este vaso de expansión lleva incorporado un sistema de mantenimiento de presión con compresores para llevar a cabo la función del vaso de expansión.

El volumen del vaso de expansión es de 200 litros. A continuación, se muestra una ilustración del mismo:



*Ilustración 19: Vaso de expansión del sistema de calefacción*

- **Depósito de gasoil:** Es el encargado de almacenar todo el gasoil que se va a utilizar para la combustión. Su capacidad es de unos **20 metros cúbicos** de gasoil. Sin embargo, según lo descrito por el propio personal del inmueble, este depósito no se rellena en su totalidad, sino que suele rellenarse con entre **5 y 7 metros cúbicos** de combustible. Durante el año, el consumo de gasoil del edificio es tal que, el depósito es necesario llenarlo dos veces al año. La imagen de este depósito es la siguiente:



Ilustración 20: Depósito de gasoil

### b) Elementos de la instalación de refrigeración:

Los elementos más importantes de esta instalación son:

- **Enfriadora:** Elemento cuya finalidad es la de absorber el calor de un fluido como es el agua y transferirlo a otro fluido como es el aire, para así, disminuir la temperatura del primer fluido. La enfriadora que hay presente en el inmueble es una **HITACHI Samurái RC2UE 120 AG2**. Con una capacidad de enfriamiento de **312 kW**. La característica de la enfriadora, así como una foto de ella, aparecen a continuación:



Ilustración 21: Enfriadora HITACHI Samurái RC2UE 120 AG2

Tabla 7: Parámetros de la enfriadora

<b>Modelo</b>	Samurái RCU2E120AG2
<b>Capacidad de enfriamiento (kW)</b>	312
<b>Entrada total de potencia (kW)</b>	106
<b>Factor de rendimiento energético (EER) (kW)</b>	2.94
<b>Dimensiones</b>	2430 x 1900 x 4090



- **Aero-Enfriador:** Elemento cuya finalidad es la de enfriar el fluido caloportador que circula por el circuito térmico de refrigeración. Este elemento trabaja con el aire a temperatura ambiente e iguala la temperatura del fluido que circula a través de él con la temperatura del entorno.

En resumen, éste es un elemento muy parecido a una torre de enfriamiento, sin embargo, el aero-enfriador posee un rendimiento mayor, fácil instalación y poco mantenimiento.

En la instalación, dicho elemento se utiliza como apoyo a la refrigeración. Cuando se demanda una temperatura del refrigerante aún menor que la temperatura de consigna de la enfriadora, se activa este elemento para así disminuir la temperatura del fluido y posteriormente, dicho fluido es tratado por la enfriadora.

Este elemento es un **INTERSAM IDVM-215** de potencia refrigeradora de 212,60 kW.

Así pues, una imagen orientativa sería la siguiente:



*Ilustración 22: Aero-generador INTERSAM*

- **Bombas:** Es el elemento encargado de hacer circular el agua a través del circuito. Para el circuito de refrigeración hay dos tipos de bombas bien diferenciadas debido a su función en él.

Primero están presentes las bombas situadas en la sala de máquinas de la enfriadora, las cuales son denominadas como BF1 y BF2. Estas dos bombas, son bombas de retorno conectadas en paralelo. Son unas bombas de la marca **EBARA**

Después, en cada piso del edificio se encuentran presentes otro tipo de bombas, denominadas como BF.P1, BF.P2...BF.P5, destinadas a la distribución del agua por cada planta. Son de la marca **Grundfos**.

A continuación, se presentan las diferentes bombas que hay presentes en el edificio:

*Tabla 8: Características de las bombas destinadas a refrigeración*

Denominación	Modelo	Potencia nominal (kW)	Cantidad
BF1	EBARA ED 80-200/4A	4	1
BF2	EBARA ED 80-200/4A	4	1
BC.PX	Grundfos TP 65-180/2	1.5	5

A continuación, se presenta una imagen de las bombas BF1 y BF2.



*Ilustración 23: Bombas EBARA ED 80-200/4 A*

- El resto de los elementos como depósitos de inercia o válvulas de expansión también están presentes en el esquema del sistema de refrigeración, sin embargo, no se ha podido acceder al lugar donde están situados en la visita. Por lo que solo se informa que existen estos dispositivos en la instalación

## 8.4. Estudio termográfico de las instalaciones

En este apartado se presentan diferentes termografías realizadas el día 14/05/2021 a las 9:30 a.m. con una temperatura exterior de 11°C e interior de unos 22°C. Este estudio ha sido realizado con la ayuda de una cámara termográfica, en concreto la **FLIR E50BX**. Esta cámara permite la obtención de una imagen térmica donde a cada temperatura se le asigna un color, siendo habitual tonalidades rojizas o anaranjadas para altas temperaturas y colores oscuros, y azules para las bajas temperaturas. Se ha realizado este estudio para conocer las posibles transferencias de calor y puentes térmicos existentes en la envolvente del edificio, así como para comprobar el aislamiento de los sistemas de calefacción.

### 8.4.1. Estudio termográfico de la envolvente del edificio.

A continuación, se presentan las diferentes termografías realizadas sobre la fachada del edificio para conocer los distintos puentes térmicos existentes y las transferencias de calor existentes.



Ilustración 25: Termografía fachada sureste



Ilustración 24: Fachada sureste

En estas ilustraciones se puede observar que los cristales existentes en el edificio poseen una alta transmitancia térmica, debido a que a una temperatura exterior de 11°C, los cristales exteriores alcanzaban temperaturas próximas a la temperatura interior, por lo que se producen grandes pérdidas a través de las ventanas, aspecto que se verá reflejado en la calificación energética. Además, además se pueden observar claramente los puentes térmicos a los que se denominarán posteriormente como **PT Contorno de hueco-ventana**. Debido a la gran cantidad de ventanas existentes, este puente térmico será el más importante de todos. Además, entre las

diferentes plantas, se puede observar otro puente térmico muy significativo como es el que se le denominara como **PT Encuentro de fachada con forjado**.

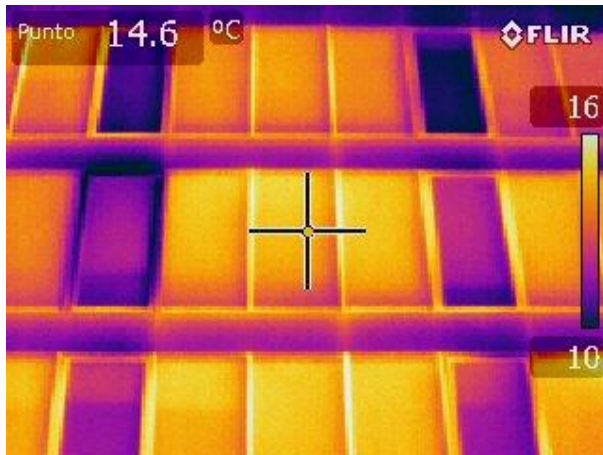


Ilustración 27: Termografía ventanas fachadas sureste



Ilustración 26: Ventanas fachada sureste

Por otro lado, se observa que algunas ventanas oscilobatientes están compuestas por un cristal diferente ya que, tal y como se presentan en las ilustraciones anteriores, la temperatura de dichos cristales es inferior a los cristales fijos, por lo que hace suponer que estos presentan una transmitancia inferior.

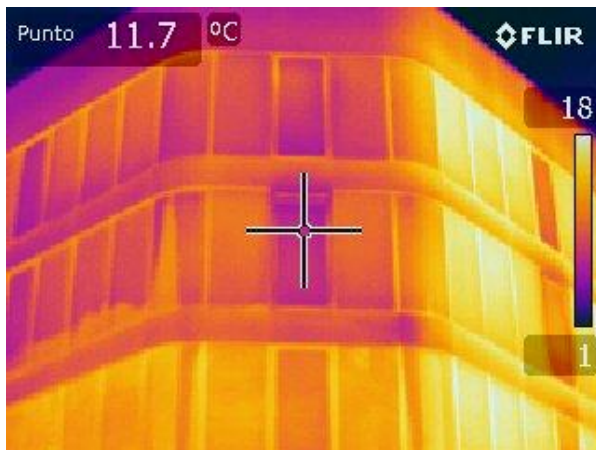


Ilustración 28: Termografía entrada



Ilustración 29: Entrada

Tal y como se observan en estas ilustraciones, otra vez, los cristales existentes poseen una alta transmitancia térmica lo que se traduce en pérdidas, además, se observa de manera clara el puente térmico de la esquina que forman los cristales existentes



*Ilustración 31: Termografía fachada sur*



*Ilustración 30: Fachada sur*

Una vez más se observan las pérdidas por las ventanas y, sobre todo, los marcos de las ventanas, debido a que estos no poseen rotura de puente térmico y están compuestos por un material de alta conductividad térmica. Además, debido a la curvatura de la envolvente en el encuentro entre la fachada sur y las fachadas sureste y suroeste, no se aprecia ningún puente térmico significativo que pueda hacer que se transmita el calor con una mayor facilidad. En el caso que el edificio poseyera unas esquinas de 90° o “en punta” es decir, sin la curvatura presente, este puente térmico sería de gran importancia y se vería claramente reflejado.

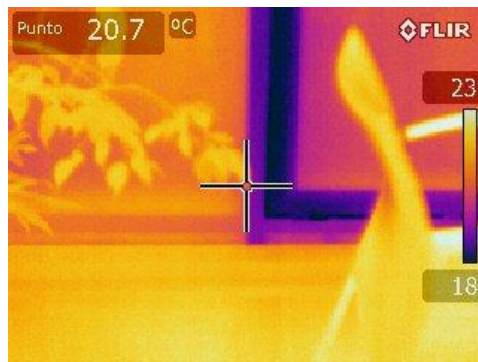


*Ilustración 33: Termografía fachada suroeste*



*Ilustración 32: Fachadas suroeste*

En las imágenes que se acaban de presentar, se confirma que el puente térmico asociado a las esquinas no existe. Además, se pueden observar ventanas que poseen una temperatura inferior. Dichas ventanas corresponden a las ventanas oscilobatientes que se presentarán posteriormente.



*Ilustración 35: Termografías de las ventanas*



*Ilustración 34: Ventanas 3ª Planta*

Por último, se confirma lo anteriormente citado, los marcos de las ventanas no poseen rotura de puente térmico y están compuestos de un material metálico, seguramente aluminio, el cual transmite con gran facilidad el calor, lo que provoca que el frío exterior entre con facilidad a través del éste.

### 8.4.1. Estudio termográfico del sistema de calefacción

Este estudio se realiza con objeto de conocer el aislamiento del sistema de calefacción que puedan conllevar fugas y pérdidas del calor, disminuyendo el rendimiento. Así que se ha comenzado realizando las mediciones oportunas en la sala de calderas y posteriormente se han realizado las mismas mediciones en los sistemas de distribución situados en cada uno de los descansillos de las escaleras.

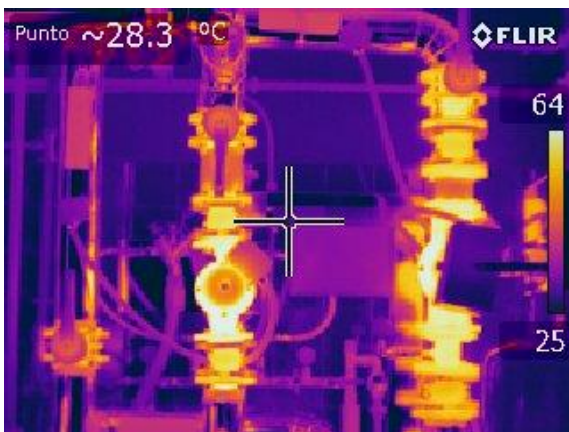


Ilustración 36: Termografía bombas



Ilustración 37: Bombas de calefacción

Como se observa, las bombas poseen una temperatura elevada, de unos 64°C, sabiendo que la temperatura del agua que circula a través de esta es de unos 74°C, se considera que el aislamiento de las bombas es de nivel medio.

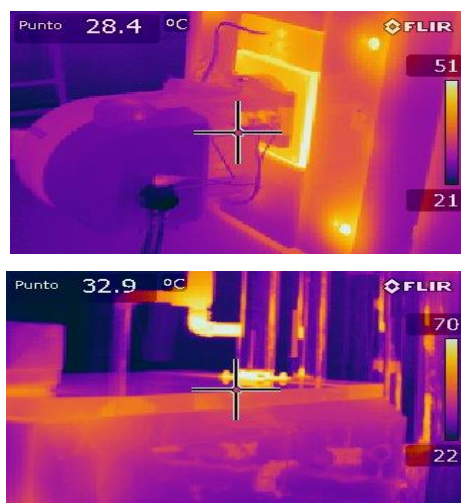


Ilustración 39: Termografías de la caldera



Ilustración 38: Caldera

En las anteriores imágenes se puede observar que la caldera posee muy buen aislamiento. Por lo que el rendimiento de la caldera será cercano al de la hoja de características y además poseerá muy pocas pérdidas en forma de calor.



*Ilustración 41: Termografía sala de calderas*



*Ilustración 40: Sala de calderas*

En estas imágenes podemos observar que prácticamente en su totalidad, el sistema de tuberías posee un buen aislamiento, sin embargo, algunos elementos, tal y como se observa en la termografía, no lo poseen, llegando hasta temperaturas de 70°C. Sin embargo, globalmente, se considera que posee un buen aislamiento.



*Ilustración 42: Termografías de los sistemas de distribución de climatización*



*Ilustración 43: Sistemas de distribución de climatización*

Como bien se aprecia en las imágenes anteriores se pueden diferenciar claramente los circuitos de distribución de refrigeración y calefacción, ya que los que las tuberías que presentan una alta temperatura son las que corresponden al circuito de calor, mientras que el que posee una temperatura menor, al de frío. A lo largo, de todo el edificio, se ha observado que los sistemas de distribución poseen un aislamiento similar a los que se presentan en las fotos anteriores, por lo que se ha considerado que hay presente un óptimo aislamiento de las instalaciones.



## 8.5. Indicadores de desempeño energético (IDE's)

Un indicador de desempeño energético, es una herramienta muy útil para conocer el estado energético del edificio. Este indicador ofrece valores comparables para todos los inmuebles y da una muestra representativa de los consumos del edificio. Un indicador energético como ya se ha citado anteriormente se podría definir como el coeficiente o relación entre dos variables donde una de ellas es de tipo energético. Ej: kWh/m<sup>2</sup>. Así pues, con los valores de los que se dispone se ha considerado que los IDE's más importantes son:

- **IDE 1:** Consumo eléctrico por unidad de superficie (kWh/m<sup>2</sup>).
- **IDE 2:** Consumo de gasoil por unidad de superficie (kWh/m<sup>2</sup>).
- **IDE 3:** Consumo eléctrico por usuario (kWh/usuario).
- **IDE 4:** Consumo de gasoil por usuario (kWh/usuario).
- **IDE 5:** Emisiones de gasoil por unidad de superficie (kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>).
- **IDE 6:** Precio de cada kWh de electricidad (€/kWh).
- **IDE 7:** Precio de cada kWh de gasoil (€/kWh).

Con todo ello, se recogen los diferentes valores en la siguiente tabla, discriminando entre los dos años de análisis que se han ido presentando a lo largo del trabajo (2019 y 2020):

IDE	Valor
IDE 1 (2019)	71,6
IDE 1 (2020)	68,8
IDE 2 (2019)	50,4
IDE 2 (2020)	50,4
IDE 3 (2019)	1810,3
IDE 3 (2020)	1739,5
IDE 4 (2019)	1274,2
IDE 4 (2020)	1274,2
IDE 5 (2019)	15,7
IDE 5 (2020)	15,7
IDE 6 (2019)	0,198
IDE 6 (2020)	0,175
IDE 7 (2019)	0,069
IDE 7 (2020)	0,058

De la anterior tabla se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- El valor de **IDE 1** es un **75,5% superior** al valor medio de los inmuebles propiedad del Gobierno de Navarra.

- El valor de **IDE 2** es un **37,4% inferior** al valor medio de los inmuebles propiedad del Gobierno de Navarra.
- El valor de **IDE 3** se considera elevado, ya que, un valor de casi 2 MW en electricidad por usuario y año para un edificio de oficinas es superior a lo esperado. Para tener una referencia, una vivienda habitual donde se espera un mayor consumo eléctrico, consume una media un 1,5 MW por usuario y por año. Así que, por lo que se observa, el consumo del edificio es un 33,3% mayor. Por lo que las medidas correctoras deberán centrarse sobre todo en reducir el consumo eléctrico.
- El valor de **IDE 4** se considera que está dentro de un rango de valores aceptable ya que comparándolo con el consumo de un hogar medio el cual ronda los 1,2 MW.
- El valor de **IDE 5** no se considera aceptable, ya que, un aspecto ideal del mismo sería que este fuese 0 o lo más cercano a este valor posible, sin embargo, debido al tipo de combustible que se utiliza esto es imposible. Debido a la instalación térmica actual y como ya se ha citado anteriormente no se va a contemplar el cambio de dicha instalación, sin embargo, en un futuro, se debería considerar la opción de la instalación de otro sistema de calefacción alternativo más respetuoso con el medio ambiente.
- Los valores de **IDE 6 e IDE 7** se consideran aceptables. Este precio se considera como tal debido a los beneficios que posee el Gobierno de Navarra dentro de su Acuerdo Marco de suministros eléctricos, donde varias empresas entran en concurso y la que ofrece un precio menor, consigue dicho acuerdo. Por tanto, en cuanto al precio de la energía, no hay nada que objetar.

Con todo esto, y revisando todos los indicadores de desempeño energético, se considera que hay que actuar preferiblemente sobre el consumo eléctrico, observar que puede desencadenar tales niveles de consumo y ponerles solución.

## 9. Certificación de eficiencia energética actual del edificio

Un certificado de eficiencia energética o certificado energético es un documento donde se expone la situación energética actual del edificio objeto. En este certificado se observan las emisiones de todo tipo de fuentes de energía, así como la demanda de éstas debido a la estructura e instalaciones del inmueble. Así pues, según la situación energética del edificio y una vez realizado el certificado de eficiencia energética se genera una etiqueta energética donde al inmueble se le asigna una letra, la cual puede ir desde una **A** para las edificaciones más eficientes, hasta una **G** para las menos eficientes. Un ejemplo de esta etiqueta se puede observar a continuación:

ESCALA DE LA CALIFICACIÓN ENERGÉTICA		Consumo de energía kWh/m <sup>2</sup>	Emisiones kg CO <sub>2</sub> eq/m <sup>2</sup> año
<b>A</b> más eficiente			
<b>B</b>			
<b>C</b>			
<b>D</b>		131.69	26.47
<b>E</b>			
<b>F</b>			
<b>G</b> menos eficiente			

Ilustración 44: Ejemplo de etiqueta energética

El procedimiento para la certificación de la eficiencia energética de los edificios viene recogido en el **Real Decreto 235/2013 del 5 de abril**

Uno de los aspectos más importantes que recoge este Real Decreto es que esta certificación solo puede realizarla técnicos competentes que posean atribuciones que permitan realizar proyectos, dirección o ejecución de obras en proyectos de sus instalaciones térmicas. Así pues, estos pueden ser arquitectos o aparejadores, o ingenieros o ingenieros técnicos.

El certificado de eficiencia energética de edificios contiene:

- Identificación del edificio o de la parte que se certifica.
- Datos del técnico certificador.
- Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y su versión.
- Calificación energética obtenida.
- Descripción de las características energéticas del edificio:

- Superficie, imagen y situación
- Envolvente térmica
- Instalaciones térmicas
- Instalación de iluminación
- Condiciones de funcionamiento y ocupación
- Medidas de mejora (Opcional)
- Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Según el borrador del Anteproyecto de Ley Foral sobre cambio climático, estas etiquetas destinadas a edificios propiedad del Gobierno de Navarra, tendrán una vigencia de **8 años**.

### **9.1. Programa utilizado**

El Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico reconoce una serie de programas para la realización de estos certificados como son LIDER-CALENER (HULC), SG SAVE, CE3, CE3X y CERMA. Así pues, cualquier certificado no realizado con alguno de estos programas no podrán ser registrados como certificados energéticos válidos, concretamente no será admitido en el Registro de certificados de eficiencia energética de edificios del Gobierno de Navarra.

Con todo esto, se ha considerado oportuno realizar la certificación energética del inmueble con el programa de certificación **CE3X (CEXv2.3)**. Se ha escogido este programa por varias razones, sin embargo, las más importantes son dos: Una fundamental es el carácter intuitivo y de fácil uso que posee el programa. Con ello se consigue que en poco tiempo se pueda controlar dicho programa. Una segunda razón es que es ampliamente utilizado entre las empresas en Navarra. Un ejemplo es la empresa con la que se ha realizado una auditoría de aprendizaje. Esta empresa aconsejó realizar el certificado con este programa debido a lo anteriormente expuesto, y, por tanto, se ha optado por esta opción.

A continuación, se describirá el proceso realizado para la certificación del edificio.

## 9.2. Proceso de certificación: Datos administrativos

Como comienzo al proceso de certificación energética del edificio, se procede a la elección del tipo de edificio certificar. El programa da la opción de tres posibles elecciones:

- **Residencial:** Destinado a inmuebles de tipo residencial (Hogares, casas, edificio de viviendas...).
- **Pequeño terciario:** Destinado a sectores terciarios de pequeño tamaño (Locales de oficinas...).
- **Gran terciario:** Destinado a sectores terciarios de gran tamaño. (Edificio de oficinas, cualquier edificio no residencial... )

Por tanto, se ha considerado que el grupo donde encaja el edificio objeto es **Gran terciario**.

Una vez realizada esta selección se accede a la pestaña de Datos administrativos del programa donde se deben introducir diferentes informaciones acerca del edificio, cliente y técnico certificador.

A continuación, se adjunta una imagen con todos los datos rellenados:

Localización e identificación del edificio			
Nombre del edificio	Administración local. C/ Arrieta, 12		
Dirección	Calle Arrieta nº12		
Provincia/Ciudad autónoma	Navarra	Localidad	Pamplona
		Código Postal	31002
Referencia Catastral	31000000001867099BX +		

Datos del cliente			
Nombre o razón social	Servicio de Patrimonio del Gobierno de Navarra		
Dirección	Calle Yanguas y Mirandas 27, 2º		
Provincia/Ciudad autónoma	Navarra	Localidad	Pamplona
		Código Postal	31002
Teléfono	8481333066	E-mail	jsolanon@navarra.es

Datos del técnico certificador			
Nombre y Apellidos	Alessandro de Obesso Sánchez	NIF	73135895N
Razón social	Gobierno de Navarra	CIF	S3100000C
Dirección	Calle Yanguas y Mirandas 27, 2º		
Provincia/Ciudad autónoma	Navarra	Localidad	Pamplona
		Código Postal	31002
Teléfono	674494410	E-mail	alessandro.deobesso.sanchez@navarra.es
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero Técnico Industrial		

Ilustración 45: Datos administrativos de la certificación

No se le da mayor importancia a este apartado ya que son datos que prácticamente no van a influir en el proceso de certificación.

### 9.3. Proceso de certificación: Datos generales

En este apartado se introducen datos específicos del edificio como son:

- **Normativa vigente:** La normativa que estaba en vigor en el momento de la construcción del inmueble. En el caso del edificio objeto, la normativa vigente era la **anterior a la NBE-CT-79**.
- **Año de construcción:** El año de construcción del inmueble. Se ha consultado al depósito del Ayuntamiento de Pamplona donde sale indicado que el año de construcción del edificio de Administración Local en Calle Arrieta 12 es **1973**.
- **Tipo de edificio:** El programa ofrece dos opciones: Local o Edificio completo. El inmueble se ha considerado un **Edificio completo**.
- **Perfil de uso:** Es la intensidad de uso en las que está sometido el edificio. Se ha considerado que un edificio de tipo administrativo como es el que se está certificando posee un perfil de uso de Intensidad Media durante 12 horas.
- **Zona climática:** Se indica la zona climática, según la localización del edificio indicada, considerando lo expuesto en el DB HE-1 y el DB HE-4. En el caso de Pamplona:

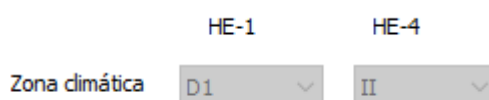


Ilustración 46: Zona climática de Pamplona

- **Superficie útil habitable:** Dicho dato se ha obtenido de proyectos y planos ya existentes del edificio, cuyo valor es de **2376,7 m<sup>2</sup>**



- **Altura libre de planta:** Dicho dato se ha obtenido de proyectos y planos ya existentes del edificio, cuyo valor es de **2,5 m**.
- **Número de plantas habitables:** Son **6** plantas habitables (PB, P1...P5).
- **Ventilación del inmueble:** No se tiene disponible este valor, por lo que se pone el que indica por defecto en el programa (0,8).
- **Demanda diaria de ACS:** Es el valor en l/día de demanda de agua caliente sanitaria del edificio. Este edificio no dispone de instalación de ACS, por lo que la demanda será de **0 l/día**.
- **Masa de las particiones internas:** Tipo de particiones y forjados internos. Se considera que es una masa media (200-500 kg/m<sup>2</sup>).
- **Imagen del edificio y plano de situación:** Dos imágenes: Una imagen de la fachada y otra de la situación del edificio.

Con todo esto, la ventana de datos generales quedaría de la siguiente forma:

**Datos generales**

Normativa vigente	Anterior	?	Año construcción	1973
Tipo de edificio	Edificio completo		Perfil de uso	Intensidad Media - 8h
Provincia/Ciudad autónoma	Navarra		Localidad	Pamplona
			Zona climática	HE-1 HE-4 D1 II

**Definición edificio**

Superficie útil habitable	2376.7	m <sup>2</sup>	 <p style="font-size: small; text-align: center;">Imagen edificio</p>	 <p style="font-size: small; text-align: center;">Plano situación</p>
Altura libre de planta	2,5	m		
Número de plantas habitables	6			
Ventilación del inmueble	0,8	ren/h		
Demanda diaria de ACS	0	l/día		
Masa de las particiones internas	Media			
<input type="checkbox"/> Se ha ensayado la estanqueidad del edificio				

*Ilustración 47: Ventana de datos generales del edificio*

#### 9.4. Proceso de certificación: Sombras

Para la definición de las sombras que se producirán en la fachada del edificio, se ha considerado la producida por los edificios situados en frente del edificio. Si se observa el plano de situación del edificio, hay presentes 3 edificaciones que pueden producir sombras en el edificio objeto. Estas tres edificaciones pueden producir sombras en cada una de las fachadas del edificio ya que se encuentran uno en frente de otro. Así pues, se definen las fachadas de la siguiente manera:

- Se consideran los edificios que van a producir sombras como obstáculos rectangulares. CE3X posee una forma de definir este tipo de patrones de sombra introduciendo una serie de datos como son los que se presentan en la siguiente imagen:

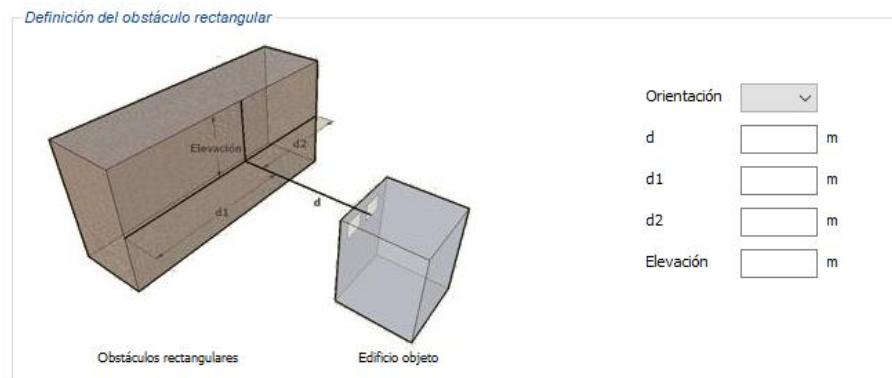


Ilustración 48: Parámetros para la definición de sombras

- Se define como “d” la distancia entre fachadas de ambos edificios, como “d1” la distancia que hay desde la perpendicular común a ambos edificios situada en la mitad del edificio objeto, hasta el límite izquierdo del obstáculo y como “d2” la distancia que hay desde la perpendicular común a ambos edificios situada en la mitad del edificio objeto, hasta el límite derecho del obstáculo. Por último, se define la elevación la cual corresponde a la diferencia entre el punto de interés y el punto más elevado del obstáculo. Los valores se obtienen de manera aproximada desde la aplicación de Google Earth y se recogen en la siguiente tabla:



Tabla 9: Parámetros de sombra

Orientación	d (m)	d1 (m)	d2 (m)	Elevación (m)
Suroeste	13	16,7	59	18
Sur	22,6	12	12	19
Sureste	14,5	59,4	13,1	12

- Una vez introducidos estos valores se obtiene el siguiente patrón de sombras:

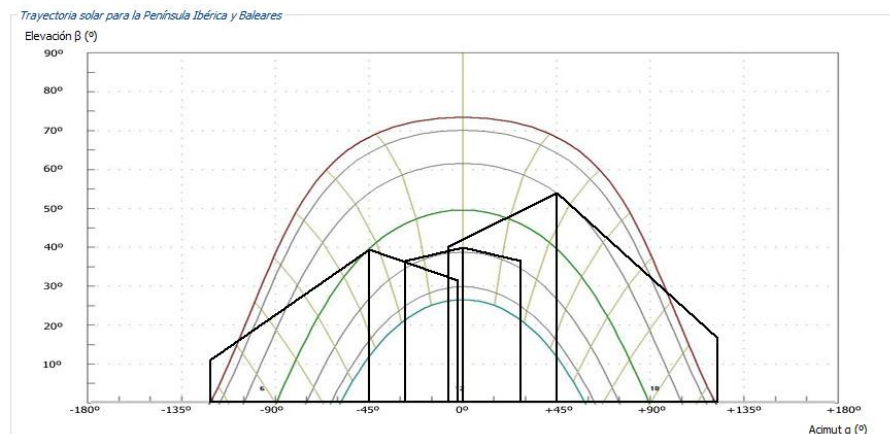


Ilustración 49: Patrón de sombras considerado

## 9.5. Proceso de certificación: Envoltente térmica

La **envoltente térmica** de un edificio se puede definir como la protección que presenta el propio edificio frente a factores ambientales exteriores, como temperatura exterior, humedad, aire...

El software utilizado considera como envoltente térmica distintas partes del edificio como son: Cubierta, fachadas, particiones interiores, huecos/lucernarios y puentes térmicos.

A lo largo de este apartado se detallará cada una de las partes que se exponen anteriormente. Cabe considerar que, en muchos casos, ha sido imposible conseguir los valores reales de los parámetros que se deben introducir en el programa, sin embargo, según el año de construcción del edificio, se estima dicho valor.

### 9.5.1. Fachadas

La fachada se considera como el cerramiento vertical que separa el exterior con el interior del edificio. El edificio posee 3 fachadas: Fachada suroeste, fachada sur y fachada sureste. Hay que tener en cuenta, que, según como se observa en los planos del edificio, el edificio posee dos fachadas más (noroeste y noreste), sin embargo, éstas son considerados como medianerías al estar en contacto directo con otras edificaciones contiguas.

Para definir las fachadas es necesario especificar la superficie de la misma. Se ha estimado que el edificio posee una altura de **21 m** y obteniendo las restantes medidas de los planos ya existentes, se obtienen las siguientes superficies de fachadas:

Tabla 10: Valores de superficies de fachadas

Fachada	Superficie (m <sup>2</sup> )
Suroeste	391,65
Sur	91,14
Sureste	387,45

Además, para la definición de la fachada es necesario especificar la transmitancia térmica del cerramiento. La transmitancia térmica se podría definir como la cantidad de energía o calor que se transmite por el cerramiento por metro cuadrado y grado Kelvin (W/m<sup>2</sup>K). Por tanto, lo deseable sería poseer una transmitancia muy pequeña.

Según lo consultado, como no se ha obtenido los materiales de los que están compuestas las fachadas y además no se ha podido obtener de ningún proyecto el valor de transmitancia de la misma, el programa, ofrece un valor de la misma por defecto, según el año de construcción del edificio y las normativas existentes en ese año. Así pues, se obtiene una transmitancia de las fachadas de **2,38 W/m<sup>2</sup>K**.

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas  Transmitancia térmica  W/m<sup>2</sup>K

Ilustración 50: Valor de transmitancia de las fachadas

### 9.5.2. Medianería

La medianería se puede considerar como el cerramiento limitante entre dos edificios contiguos donde no existe hueco alguno entre ellos. El propio programa no da la opción de elegir los parámetros del cerramiento, sino que sólo ofrece un valor según el año de edificación e indicando la superficie del cerramiento y el tipo de muro, el cual se diferencia entre ligero y pesado, según si tiene una masa por superficie mayor o menor de **200 kg/m<sup>2</sup>**

En el caso del edificio objeto se obtienen los siguientes datos:

Tabla 11: Parámetros de medianería

Medianería	Superficie (m <sup>2</sup> )	Tipo de muro
Noroeste	453,6	Pesado
Noreste	451,9	Pesado

### 9.5.3. Cubierta

La cubierta se puede considerar como el cerramiento horizontal situado en la parte superior del edificio. En el caso del inmueble que se está analizando se trata de la azotea (cubierta en contacto con el aire) la cual posee una superficie de **461,91 m<sup>2</sup>**.

En este caso, se ha obtenido el valor de la transmitancia térmica real de la cubierta a través de un proyecto existente del edificio. Por tanto, este valor es de **0,25 W/m<sup>2</sup>**. Además, el programa demanda otro dato como es el de la masa por unidad de superficie cuyo valor también ha sido obtenido del proyecto citado con un valor de **260 kg/m<sup>2</sup>**.

A continuación, se muestran los parámetros introducidos:

Parámetros característicos del cerramiento

Propiedades térmicas Conocidas Transmitancia térmica 0,25 W/m2K

Transmitancia térmica 0,25 W/m2K Masa/m2 260 kg/m2

Librería cerramientos

Ilustración 51: Parámetros de la cubierta

### 9.5.4. Partición interior

Una partición interior se puede definir como el cerramiento que separa un espacio habitable de otro que no lo es. En el caso del edificio existe una partición interior horizontal en contacto con un espacio no habitable inferior, el cual, correspondería a la separación entre la planta baja y el garaje.

Esta partición posee una superficie de 259,44 m<sup>2</sup>. En este caso, no se ha podido obtener el valor exacto de la transmitancia térmica de la partición, sin embargo, si se considera que el garaje posee una superficie de 461,91 m<sup>2</sup> y una altura media de 2,5 m, se puede estimar de la siguiente manera:


Parámetros generales			
Superficie de la partición	<input type="text" value="259.44"/>	m <sup>2</sup>	
Tipo de espacio no habitable	<input type="text" value="Garaje/espacio enterrado"/>		
Parámetros característicos para el cálculo de la U global			
Propiedades térmicas: Uglobal	<input type="text" value="Estimadas"/>		Transmitancia térmica <input type="text" value="1.07"/> W/m <sup>2</sup> K
Grado ventilación del espacio NH	<input type="text" value="Ligeramente Ventilado"/>		
Volumen del espacio NH	<input type="text" value="1154.77"/>	m <sup>3</sup>	Superficie del cerramiento <input type="text" value="461.91"/> m <sup>2</sup>

Ilustración 52: Parámetros partición interior

Por tanto, se obtiene una transmitancia térmica estimada de **1,07 W/m<sup>2</sup>K**.

### 9.5.5. Huecos/Lucernarios

Los huecos/lucernarios se pueden considerar como las ventanas del edificio. Como se observa en las imágenes del edificio, este aspecto es de gran importancia ya que la fachada, prácticamente en su totalidad, está constituida por ventanas. En ella hay dos tipos de ventanas:

- **Ventanas oscilobatientes:** Es el tipo de ventanas presentes con menor frecuencia. Desde la planta 2 hasta la planta 5, cada planta presenta 7 ventanas de este tipo. Posee unas dimensiones de **2800 x 1250 mm** junto con un porcentaje de marco del **30%**.

- **Ventanas fijas:** Son ventanas que no se pueden abrir y componen la gran parte de la cristalería del edificio. Desde la planta 2 hasta la planta 5, cada planta presenta 27 ventanas de este tipo. Posee unas dimensiones de **2800 x 1250 mm** junto con un porcentaje de marco de **12,6%**.

Todos los tipos de ventanas, sin embargo, poseen las mismas características ya que son **ventanas de vidrio laminado 6+6mm sin cámara de aire, pero con una lámina de butiral, con un marco de aluminio, sin rotura de puente térmico y sin tratamiento de rechazo térmico**. Todas ellas tienen una **transmitancia térmica estimada de 5,3 W/m<sup>2</sup>K y un factor solar de 0,85**. Así pues, se recogen a continuación todas las ventanas existentes en el edificio:

Tabla 12: Inventario de ventanas

Ventana	Tipo	Fachada	Superficie (m <sup>2</sup> )	Nº de elementos	Superficie total (m <sup>2</sup> )	% de marco
Fijas P2-P5 SO	Fijas	SO	3,5	44	154	12,6
Fijas P1 SO	Fijas	SO	3,5	11	38,5	12,6
Fijas PB SO	Fijas	SO	3,5	4	14	12,6
Osc. P2-P5 SO	Oscilobatientes	SO	3,5	12	42	30
Osc. P1 SO	Oscilobatientes	SO	3,5	3	10,5	30
Fijas P2-P5 SE	Fijas	SE	3,5	48	168	12,6
Fijas P1 SE	Fijas	SE	3,5	12	42	12,6
Fijas PB SE	Fijas	SE	3,5	2	7	12,6
Osc. P2-P5 SO	Oscilobatientes	SE	3,5	12	42	30
Fijas P2-P5 S	Fijas	S	3,5	16	56	12,6
Fijas P1 SE	Fijas	S	3,5	3	10,5	12,6
Osc. P2-P5 S	Oscilobatientes	S	3,5	4	14	30

Por tanto, con todo lo expuesto, se introducen los valores en el programa.

En la Tabla 12, se puede observar que se han diferenciado las ventanas desde la planta 2 hasta la 5 y las de la planta 1. Esto es debido a que el número de ventanas es diferente en algunos casos y por qué estas ventanas poseen voladizos que generan sombras en las mismas. Así pues, estos voladizos se definen de la siguiente manera:

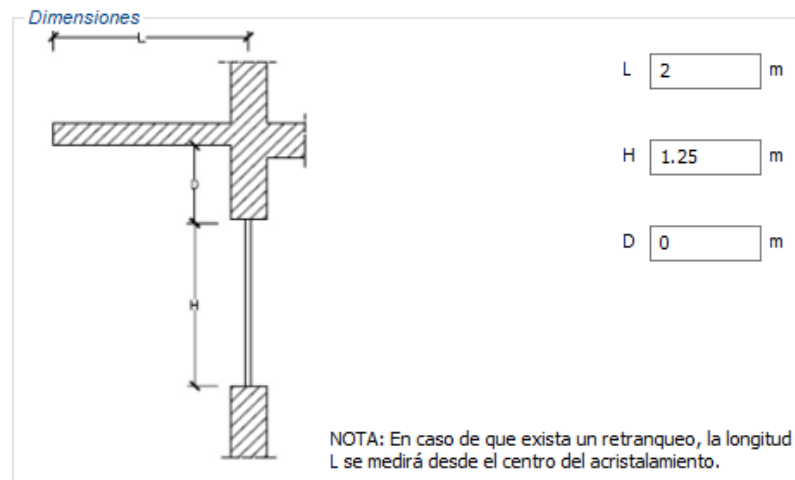
**Voladizos**

Ilustración 53: Parámetros de voladizo

**9.5.6. Puentes térmicos**

Los puentes térmicos (PT) son zonas de la envolvente del edificio donde el calor encuentra una mayor facilidad de transmisión y por tanto, se producen mayores pérdidas. Estos puentes, poseen una transmitancia térmica mayor que el resto de los elementos de la envolvente.

El propio programa ofrece los puentes térmicos existentes en el edificio por defecto, los cuales son:

- **PT Pilar integrado en fachada:** Este puente térmico solo existe en la PB ya que, en plantas superiores, el pilar no está integrado en la fachada. Posee un tamaño de **17,5 m**, un valor de **1,05 W/mK** y se encuentra situado en las fachadas SO y SE. También existe otro con el mismo valor de puente térmico, pero con un tamaño de **7 m** en la fachada sur. Todos estos valores han sido estimados por el propio programa

- **PT Pilar en Esquina-Fachada:** Este puente térmico es parecido al anterior, sin embargo, que el pilar se encuentra en la esquina de una fachada. Este pilar existe en la PB, en las esquinas entre la fachada suroeste y sur, y entre las fachadas sureste y sur. Poseen un tamaño de **3,5 m** y un valor de puente térmico de **0,78 W/mK**

- **PT Encuentro de fachada con forjado:** Este puente térmico se produce debido al encuentro entre la fachada y el forjado de cada planta. Los valores, una vez más, han sido estimados por el programa. Posee los siguientes valores:

*Tabla 13: Valores de PT Encuentro de fachada con forjado*

<b>Fachada</b>	<b>Tamaño</b>	<b>Valor (W/mK)</b>
S	21,7	1,58
SE	92,25	1,58
SO	93,25	1,58

- **PT Contorno de hueco-ventana:** Este puente térmico se produce debido al contorno que poseen las ventanas, lo que produce que el calor pueda transmitirse con una mayor facilidad. Todos estos puentes térmicos poseen un valor de **0,55 W/mK**, obtenido por estimación del programa, así como las longitudes de cada uno de los puentes térmicos existentes. Cabe destacar, que no existen cajas de persianas en el edificio, por lo que el puente térmico asociado a éstas no existirá.

- **PT Encuentro de fachada con cubierta:** Este puente térmico se produce debido al encuentro entre las distintas fachadas del edificio con la cubierta. Este puente térmico posee un valor de **0.49 W/mK** y una longitud de **145,97 m**. Estos valores, una vez más, han sido estimados por el programa.

## 9.6. Proceso de certificación: Instalaciones

En este apartado se exponen las diferentes instalaciones consumidoras de energía del edificio como son la caldera, equipos de refrigeración, bombas o iluminación. Los datos de que se considerarán en este apartado se han expuesto anteriormente en los apartados correspondientes, dentro del estudio previo.

Las instalaciones que el programa permite definir se pueden observar en la siguiente imagen:

### Instalaciones del edificio

- |  |  |
|--|--|
| <input type="radio"/> Equipo de ACS                                    | <input type="radio"/> Contribuciones energéticas |
| <input checked="" type="radio"/> Equipo de sólo calefacción            | <input type="radio"/> Equipos de iluminación     |
| <input type="radio"/> Equipo de sólo refrigeración                     | <input type="radio"/> Equipos de aire primario   |
| <input type="radio"/> Equipo de calefacción y refrigeración            | <input type="radio"/> Ventiladores               |
| <input type="radio"/> Equipo mixto de calefacción y ACS                | <input type="radio"/> Equipos de bombeo          |
| <input type="radio"/> Equipo mixto de calefacción, refrigeración y ACS | <input type="radio"/> Torres de refrigeración    |

Ilustración 54: Posibles instalaciones del edificio a definir

#### 9.6.1. Caldera

Para la definición de la caldera es necesario identificar correctamente el uso que se le da a la misma. En el caso del edificio su finalidad es únicamente la de calefactar. Por ello, se ha decidido que la caldera entre en el grupo definido por el programa como “**Equipo de sólo calefacción**”.

Para esta opción, CE3X nos demanda la siguiente información:

**Equipo de sólo calefacción**

Nombre	Caldera de gasoil: Buderus Logano GE515 295	Zona	Edificio Objeto
<i>Características</i>		<i>Demanda cubierta</i>	
Tipo de generador	Caldera Estándar	Superficie (m2)	2376.7
Tipo de combustible	Gasóleo-C	Porcentaje (%)	100
<i>Rendimiento medio estacional</i>		<i>Rendimiento medio estacional</i>	
<b>Rendimiento estacional</b>	Estimado según Instalación	<i>Rendimiento medio estacional</i>	88.2 %
Potencia nominal	295 kW		
Carga media real β <sub>comb</sub>	0.2033 ?	Aislamiento de la caldera	Bien aislada y mantenida
Rendimiento de combustión	96 %		

Ilustración 55: Parámetros de la caldera

Como se observa, es necesario definir de qué tipo de generador se trata y que tipo de combustible se está utilizando. Por tanto, según lo expuesto en el apartado de Elementos de la instalación térmica actual, la caldera podría definirse como una **caldera estándar de gasóleo-C (gasoil)**. Además, esta caldera ofrece calefacción a todo el edificio, por lo que la demanda cubierta por la misma es del **100%**.



Para la definición del rendimiento medio estacional que posee la caldera, se ha considerado que la mejor opción es estimarla según la instalación. En este caso, el programa demanda una serie de datos como son los que se observan en la Ilustración 55. Los parámetros de potencia nominal y rendimiento de la combustión han sido expuestos anteriormente por lo que se indican con esos mismos valores (**P<sub>nominal</sub>= 295 kW y Rendimiento de la combustión=96%**).

Por otro lado, en la visita a la instalación, se observó que la caldera era una bastante nueva y bien mantenida. Además, en las comprobaciones físicas y a través de la cámara termográfica realizadas, se ha podido corroborar que el aislamiento de la caldera es correcto. Por lo que se ha considerado que el aislamiento de la **caldera está bien aislada y mantenida**.

Por último, falta definir la carga media real. Este parámetro relaciona la energía que la caldera ha proporcionado con la máxima que pueden proporcionar. Este valor se puede calcular de la siguiente manera:

$$\beta_{cmb} = \frac{V_{del} * H_x}{\Phi_{cmb} * t_{gen}} \quad (Ec. 2)$$

Donde:

- $V_{del}$ : Consumo real del combustible ( $m^3/año$ ). En el caso de la caldera objeto, se ha obtenido a través de las facturas que el consumo de combustible cada año es de **12  $m^3/año$**  de gasoil.
- $H_x$ : Poder calorífico del combustible ( $kWh/m^3$ ). En el caso del combustible utilizado, el gasoil posee un poder calorífico de **9981,3  $kWh/m^3$** .
- $\Phi_{cmb}$ : Potencia nominal del sistema generador (kW). La potencia nominal de la caldera como ya se ha citado anteriormente es de **295 kW**.
- $t_{gen}$ : Tiempo de funcionamiento del sistema generador (h). Se considera que trabaja 8 horas al mes, durante 250 días al año, lo que resultan **2000 horas** al año de funcionamiento.

Si se aplica la ecuación presentada en (Ec.2), se obtiene una carga media real de **0.203**.

Con todo esto, queda la caldera definida.

### 9.6.2. Enfriadora

Para la definición de la enfriadora es necesario identificar correctamente el uso que se le da a la misma. En el caso del edificio su finalidad es únicamente la de refrigerar. Por ello, se ha decidido que la enfriadora entre en el grupo definido por el programa como “**Equipo de sólo refrigeración**”.

Para esta opción, CE3X nos demanda la siguiente información:

**Equipo de sólo refrigeración**

Nombre	Enfriadora HITACHI Samurai RCUE 120 AG2	Zona	Edificio Objeto
<b>Características</b>		<b>Demanda cubierta</b>	
Tipo de generador	Máquina frigorífica	Refrigeración	
Tipo de combustible	Electricidad	Superficie (m2)	2376.7
		Porcentaje (%)	100
<b>Rendimiento medio estacional</b>			
<b>Rendimiento estacional</b>	Estimado según Instalación	<b>Rendimiento medio estacional</b>	308.2 %
Antigüedad del equipo	Entre 1994 y 2013	<input type="checkbox"/> ¿Existen varios generadores escalonados?	
Rendimiento nominal	294 %		
Características bomba de calor	Aire-Agua		

Ilustración 56: Parámetros enfriadora

Como se observa, es necesario definir de qué tipo de generador se trata y qué tipo de combustible se está utilizando. Por tanto, según lo expuesto en el apartado de Elementos de la instalación térmica actual, la enfriadora podría definirse como una **máquina frigorífica la cual consume electricidad**. Además, esta enfriadora ofrece refrigeración a todo el edificio, por lo que la demanda cubierta por la misma es del **100%**.

Además, se vuelve a estimar el rendimiento estacional según la instalación. En este caso, el programa demanda datos como la antigüedad del equipo, el rendimiento nominal del equipo y que tipo de bomba de calor contiene. Todos estos datos se muestran en la Ilustración 56 y se han obtenido a través de los datos ya expuestos en apartados anteriores.

### 9.6.3. Aero-enfriadora

La definición de la aero-enfriadora se ha realizado de manera bastante estimada ya que se poseían pocos datos sobre ella. Según las instalaciones expuestas en la Ilustración 54 se ha considerado este elemento como una torre de refrigeración, la cual demanda una potencia eléctrica de **4.2 kW** y es utilizado durante **1774,7 h/año**. De esta forma se estima el consumo energético anual que posee este elemento:

**Torres de refrigeración**

Nombre  Zona

*Características*

Tipo de torre

*Consumo energético anual*

**Consumo energético**  *Consumo energético anual*  kWh

Potencia eléctrica  kW

Número de horas de demanda  h

Ilustración 57: Parámetros de aero-enfriadora

### 9.6.4. Bombas

Para la definición de las bombas, es necesario considerar el uso que se le están dando (refrigeración o calefacción), las horas de funcionamiento de cada bomba y la potencia de las mismas. Todos estos valores se pueden encontrar en la Tabla 6 y Tabla 8. Además, se ha considerado un periodo de uso de **2299,6 h/año**, obtenida de manera estimada a través del propio programa.

### 9.6.5. Iluminación

Para la definición de la iluminación es necesario indicar los siguientes parámetros:

**Equipos de iluminación**

Nombre	<input type="text" value="Iluminación"/>	Zona	<input type="text" value="Edificio Objeto"/>
<i>Características</i>			
Superficie zona	<input type="text" value="2376.7"/> m2	<input checked="" type="radio"/> Sin control de la iluminación	<input type="radio"/> Con control de la iluminación
<i>Eficiencia energética</i>			
<input type="checkbox"/> Zona de representación	Actividad	<input type="text" value="Administrativo en general"/>	
Definir características	<input type="text" value="Conocido(ensayado/justificado)"/>		
Potencia instalada	<input type="text" value="31278"/> W		
Iluminancia media horizontal	<input type="text" value="500"/> lux		

*Ilustración 58: Parámetros iluminación*

Como se observa de la ilustración anterior, es necesario definir la actividad que se desarrolla en el edificio, la cual es **administrativo en general**. Además, se define la potencia instalada expuesta en el apartado Estudio de la iluminación, junto con una iluminancia media horizontal considerada de **500 luxes**. Además, este edificio no posee control de la iluminación.

## 9.7. Resultados y calificación obtenida.

Una vez introducidos todos estos valores se genera el informe para observar la certificación energética actual del edificio. Este informe es un documento de 5 páginas el cual se puede observar en el ANEXO III.

En él se puede observar multitud de datos, sin embargo, en este apartado se expondrán los más importantes.

El más importante es la etiqueta de la certificación, el cual expone los  $\text{kgCO}_2/\text{m}^2$  año. Esta etiqueta representa la cantidad de  $\text{CO}_2$  emitida a la atmosfera como consecuencia del consumo energético del propio edificio. A continuación, se muestra la etiqueta en cuestión

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

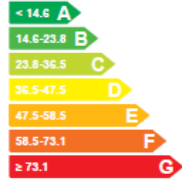
INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	52.7 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Emisiones calefacción [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	G	Emisiones ACS [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	-
		20.76		0.00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Emisiones globales [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	Emisiones refrigeración [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	C	Emisiones iluminación [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	C	
	7.28		15.46		

Ilustración 59: Etiqueta actual de  $\text{kgCO}_2/\text{m}^2$  año

Además, otra etiqueta importante del documento es la correspondiente al consumo de energía primaria no renovable. Esta energía, tal y como pone en el propio documento, “*es aquella energía consumida por el edificio procedente de fuentes de energía no renovables que no ha sufrido ningún tipo de conversión o transformación*” A continuación, se muestra la etiqueta en cuestión:

## 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	267.4 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria calefacción [kWh/m <sup>2</sup> año]	G	Energía primaria ACS [kWh/m <sup>2</sup> año]	-
		78.69		0.00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]		Energía primaria refrigeración [kWh/m <sup>2</sup> año]	C	Energía primaria iluminación [kWh/m <sup>2</sup> año]	C
		42.97		91.24	

Ilustración 60: Etiqueta actual de kWh/m<sup>2</sup> año

Por ello, la **calificación obtenida es E** con 52,7 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año repartidas en 20,76 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año en calefacción, 7,28 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año en refrigeración y 15,46 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año en iluminación. Esta calificación es bastante baja, más baja de lo esperado, sin embargo, analizando los resultados se ha razonado que esta calificación viene causada por la antigüedad del edificio y sobre todo debido a los cerramientos acristalados que posee. Este edificio posee unas ventanas muy poco eficientes, lo que genera grandes puentes térmicos y además zonas de transmitancia térmica muy elevada, lo que genera grandes pérdidas que se ven reflejadas en la calificación. Por ello, una medida muy importante para la mejora de la calificación energética y, por tanto, de la eficiencia energética del edificio será la sustitución o el refuerzo de las ventanas y cristales de la fachada.

Por otro lado, como el propio edificio no posee una calificación energética existente, no se podrá comparar los resultados obtenidos. Sin embargo, los resultados obtenidos tienen sentido en relación con lo anteriormente expuesto.

## 10. Medidas de mejora

En este apartado se presentarán las medidas de mejora consideradas. Este apartado está compuesto de 5 medidas de ahorro energético destinado a dos objetivos: Reducción del consumo para un mayor ahorro económico y reducción de las emisiones del edificio. Posteriormente, en un próximo apartado se expondrá el estudio de implantación de energía fotovoltaica que debido a su extensión se ha considerado adjuntarlo como un estudio a parte de las medidas de mejora.

### 10.1. Medida 1: Optimización de potencia contratada

Para optimizar la potencia contratada es necesario tener en cuenta lo anteriormente dicho en el apartado de estudio de consumos eléctricos:

- Si la potencia consumida es **inferior a 0,85 veces** la potencia contratada, se facturará 0,85 veces la potencia contratada.
- Si la potencia consumida se encuentra **entre 0,85 veces y 1,05 veces** la potencia contratada, se facturará la potencia consumida.
- Si la potencia consumida es **superior a 1,05 veces** la potencia contratada, se aplicará la siguiente fórmula:

$$P_{Pen.x} = P_{cons.x} + 2 * (P_{cons.x} - 1.05 * P_{contr.x}) \quad (Ec. 3)$$

Donde:

- $P_{pen.x}$ : Potencia de penalización resultante en el periodo x en kW.
- $P_{cons.x}$ : Potencia consumida en el periodo x en kW.
- $P_{contr.x}$ : Potencia contratada en el periodo x en kW.

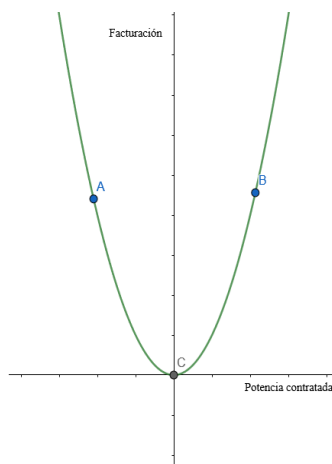
De tal manera que se obtiene una especie de función, donde su mínimo, representará la potencia óptima. Esta potencia optima se obtiene debido a que hay dos aspectos que hacen encarecer la factura eléctrica.

Por un lado, la **contratación de potencias superiores a las demandadas**. Esto provoca que se facturen potencias mucho mayores a las que realmente se consumen, lo que resulta al fin,

pagar por una potencia que no se está consumiendo. Por ello, por esta parte es necesario disminuir la potencia contratada hasta un valor óptimo.

Por otro lado, la **penalización por exceso de potencia**. Este aspecto es consecuencia directa de lo anterior. Si se disminuye mucho la potencia con el objetivo de pagar menos, puede llegar un momento en el que la potencia consumida sea superior a la contratada y por ello, se empiece a cobrar penalizaciones. Por ello, hay que buscar la potencia óptima para la cual, las penalizaciones por exceso de potencia sean asumibles debido a lo que se obtiene por otro lado, en la disminución de potencia.

A continuación, se aporta un ejemplo ilustrativo.



Gráfica 19: Potencia contratada vs facturación

En este caso, el eje x representa la potencia contratada y el eje y la facturación. Se observan 3 puntos.

El **punto A** correspondería a una potencia contratada mal optimizada debido a que se pagan gran cantidad de penalizaciones.

El **punto B** correspondería a una potencia contratada, también, mal optimizada debido a que se paga por potencias superiores a las que realmente se necesitan

El **punto C** correspondería al punto de potencia óptima. El punto donde cambiando la potencia (tanto aumentándola como disminuyéndola), aumenta la facturación.

Por tanto, hay que buscar ese punto de potencia optima tanto para el sótano, como para el edificio.

Teniendo todo esto en cuenta, se han obtenido los siguientes resultados:

Tabla 14: Propuesta de cambio de potencia contratada para el sótano

SÓTANO	ANTES (kW)	P <sub>OPT.</sub> 2019 (kW)	P <sub>OPT.</sub> 2020 (kW)	PROPUESTA (kW)
P1	55	61	77	<b>69</b>
P2	94	73	79	<b>76</b>
P3	32	46	46	<b>46</b>



Tabla 15: Propuesta de cambio de potencia contratada para el edificio

<b>EDIFICIO</b>	<b>ANTES (kW)</b>	<b>P<sub>OPT.</sub> 2019 (kW)</b>	<b>P<sub>OPT.</sub> 2020 (kW)</b>	<b>PROPUESTA (kW)</b>
P1	30	27	21	<b>26</b>
P2	63	32	30	<b>31</b>
P3	20	17	18	<b>17</b>

Así pues, sí se hubieran contratado estas potencias, en vez de las actuales, se hubieran obtenido los resultados que se presentan en las siguientes tablas, donde:

- Las primeras columnas (Días, P1, P2 y P3) indican el número de días a facturar, y las potencias máximas consumidas en ese periodo de tiempo
- P<sub>xf</sub>: Indica la potencia facturada del periodo x con las potencias que están contratadas en la actualidad.
- P<sub>xp</sub>: Indica la potencia facturada del periodo x con las potencias propuestas anteriormente.
- Posteriormente se presentan unas pequeñas tablas con la facturación de cada periodo y el ahorro obtenido en cada uno de ellos.
- Además, se indica con un color rojo los momentos donde se hubiera excedido la potencia contratada.

**SÓTANO 2019:**

Tabla 16: Resultados optimización de potencia sótano 2019

Días	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)	Potencias contratadas en (kW)					
				55	94	32	69	76	46
				P1f	P2f	P3f	P1p	P2p	P3p
31	12	31	24	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
28	19	40	24	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
31	12	22	23	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
30	51	46	26	51	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
34	61	51	23	67,5	79,9	27,2	61	64,6	39,1
23	99	104	42	181,5	114,6	58,8	152,1	152,4	42
36	110	108	64	214,5	126,6	124,8	185,1	164,4	95,4
31	80	77	66	124,5	79,9	130,8	95,1	77	101,4
29	72	68	43	100,5	79,9	61,8	72	68	43
34	53	57	48	53	79,9	76,8	58,65	64,6	48
24	18	33	22	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1

	P1f	P2f	P3f	P1p	P2p	P3p	Ahorro	389,36 €
<b>Facturación (€)</b>	3.305,96	1.936,67	854,52	3.092,24	1.839,69	775,85	<b>P1</b>	213,72 €
<b>Total</b>	<b>6.097,14 €</b>			<b>5687,78 €</b>			<b>P2</b>	96,97 €
							<b>P3</b>	78,66 €

**SÓTANO 2020:**

Tabla 17: Resultados optimización de potencia sótano 2020

Días	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)	Potencias contratadas en (kW)					
				55	94	32	69	76	46
				P1f	P2f	P3f	P1p	P2p	P3p
20	14	38	24	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
12	14	38	24	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
28	16	43	22	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
36	28	45	21	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
27	40	41	23	46,75	79,9	27,2	58,65	64,6	39,1
30	64	59	38	76,5	79,9	46,8	64	64,6	39,1
28	66	67	47	82,5	79,9	73,8	66	67	47

35	81	86	48	127,5	86	76,8	98,1	98,4	48
21	84	87	59	136,5	87	109,8	107,1	101,4	80,4
37	84	87	59	136,5	87	109,8	107,1	101,4	80,4
21	48,39	48,27	30,13	48,39	79,9	30,13	58,65	64,6	39,1
31	19,38	43,19	36,82	46,75	79,9	43,26	58,65	64,6	39,1

	P1f	P2f	P3f	P1p	P2p	P3p	Ahorro	414,95 €
<b>Facturación (€)</b>	2.804,30	1.780,91	794,37	2.634,81	1.632,11	697,71	<b>P1</b>	169,50 €
<b>Total</b>	<b>5.379,58 €</b>			<b>4.964,63 €</b>			<b>P2</b>	148,79 €
							<b>P3</b>	96,66 €

**EDIFICIO 2019:**

Tabla 18: Resultados optimización de potencia edificio 2019

Días	P1 (kW)	P2 (kW)	P3 (kW)	Potencias contratadas en (kW)					
				30	63	20	26	31	17
	P1f	P2f	P3f	P1p	P2p	P3p			
31	11	34	19	25,5	53,55	19	22,1	36,9	21,3
28	9	35	18	25,5	53,55	18	22,1	39,9	18,3
31	9	33	18	25,5	53,55	18	22,1	33,9	18,3
30	32	32	18	33	53,55	18	41,4	32	18,3
34	29	33	16	29	53,55	17	32,4	33,9	16
23	29	29	14	29	53,55	17	32,4	29	14,45
36	23	23	13	25,5	53,55	17	23	26,35	14,45
31	21	23	14	25,5	53,55	17	22,1	26,35	14,45
29	25	25	14	25,5	53,55	17	25	26,35	14,45
34	27	27	15	27	53,55	17	27	27	15
24	14	34	15	25,5	53,55	17	22,1	36,9	15

	P1f	P2f	P3f	P1p	P2p	P3p	Ahorro	521,56 €
<b>Facturación (€)</b>	994,90	1.186,73	257,90	977,97	697,96	242,03	<b>P1</b>	16,93 €
<b>Total</b>	<b>2.439,52 €</b>			<b>1.917,96 €</b>			<b>P2</b>	488,77 €
							<b>P3</b>	15,87 €

**EDIFICIO 2020:**

Tabla 19: Resultados optimización de edificio 2020

Días	P1	P2	P3	Potencias contratadas en (kW)					
				30	63	20	26	31	17
20	10	32	18	P1f	P2f	P3f	P1f	P2f	P3f
12	10	32	18	25,5	53,55	18	22,1	32	18,3
28	10	31	18	25,5	53,55	18	22,1	31	18,3
36	10	31	18	25,5	53,55	18	22,1	31	18,3
27	16	17	7	25,5	53,55	17	22,1	26,35	14,45
30	19	18	8	25,5	53,55	17	22,1	26,35	14,45
28	22	23	11	25,5	53,55	17	22,1	26,35	14,45
35	22	22	13	25,5	53,55	17	22,1	26,35	14,45
21	22	24	12	25,5	53,55	17	22,1	26,35	14,45
37	22	24	12	25,5	53,55	17	22,1	26,35	14,45
21	34,22	34,08	15,3	39,66	53,55	17	48,06	37,14	15,3
31	13,94	35,48	16,87	25,5	53,55	17	22,1	41,34	16,87

	P1f	P2f	P3f	P1p	P2p	P3p
Factura (€)	958,17	1.165,61	250,96	862,4	651,65	230,27
<b>Total</b>	<b>2.374,73 €</b>			<b>1.744,32 €</b>		

Ahorro	630,41 €
<b>P1</b>	95,77 €
<b>P2</b>	513,96 €
<b>P3</b>	20,69 €

Así pues, se hubieran obtenido unos ahorros de **389,36 € y 414,95 €** en el sótano durante los años 2019 y 2020 si se hubiera tenido la potencia contratada propuesta. Además, se hubieran obtenido unos ahorros de **521,56 € y 630,41 €** en el edificio durante los años 2019 y 2020 si se hubiera tenido la potencia contratada propuesta.

Sin embargo, como se ha citado en el apartado del análisis previo de los consumos, debido a la entrada en vigor de la nueva legislación sobre la nueva metodología de cálculo de los peajes y distribución de la energía eléctrica, los resultados obtenidos no son válidos ya que:

- Los periodos pasan de 3 a 6.

- La potencia contratada de cada uno de los periodos debe seguir la siguiente relación:

$$P_{C1} \leq P_{C2} \leq P_{C3} \leq P_{C4} \leq P_{C5} \leq P_{C6}$$

- Se presenta una nueva metodología para el cálculo de las penalizaciones según la fórmula presentada en (Ec.1).
- Nueva distribución de periodos

Así pues, se realiza el mismo análisis que antes, pero teniendo en cuenta las tres restricciones anteriormente impuestas.

Para el análisis se han considerado varios aspectos, al no tener disponible exactamente el consumo de potencia del edificio cada cuarto de hora, ni datos para los análisis tan antiguos. Estos aspectos son:

- Se ha considerado que los picos de los máxímetros se producen durante 6 horas al día, 2 veces a la semana y 4 semanas al mes. Por tanto, el número de cuarto horarios a considerar mensualmente es de **192 cuarto horas al mes**. Así que, se deja un cierto margen, ya que, en la realidad, los consumos de potencia en exceso serán siempre menores a los del máxímetro. Sin embargo, al no conocer los datos reales de potencia consumida por cuarto de hora, se estima este valor para así tener un cierto intervalo de seguridad.
- Además, no se han considerado ni discriminación por festivos, ni por momento del día ni de la semana, sino que todos los periodos están comparándose con el mismo intervalo temporal. Este aspecto, lo único que provoca es que se considere una facturación mayor a la que realmente se producirá. Así pues, los ahorros que se presentarán al final del apartado **van a ser mayores en la realidad**.

Los cálculos realizados son prácticamente los mismos que los anteriormente expuestos

Los resultados son los siguientes:

Punto de suministro	Año	Periodo	Potencias óptimas (kW)	Potencias propuestas (kW)	Ahorro anual respecto a antigua normativa (€)	Ahorro anual respecto a nueva normativa (€)
Sótano	2019	P1	110	90	4500,69	-97,07
		P2	110	90		
		P3	110	90		
		P4	110	90		
		P5	110	90		
		P6	110	90		
	2020	P1	66	90	4472,54	35,2
		P2	67	90		
		P3	84	90		
		P4	87	90		
		P5	87	90		
		P6	87	90		
Edificio	2019	P1	23	23	2082,35	252,28
		P2	35	36		
		P3	35	36		
		P4	35	36		
		P5	35	36		
		P6	35	36		
	2020	P1	22	23	2086,08	252,17
		P2	36	36		
		P3	36	36		
		P4	36	36		
		P5	36	36		
		P6	36	36		

Como se observa, en la tabla presentada hay dos tipos de ahorro: los ahorros anuales si los referenciamos a la antigua normativa y los referenciados a la nueva. Esto es debido a que en la nueva normativa se presentan precios para cada kW consumido, mucho menor que en la antigua. De aquí que se obtengan unos ahorros tan elevados.

Por otro lado, en la columna de ahorro anual respecto a la nueva normativa, hay que tener en cuenta que, si no se hace cambio alguno, la comercializadora escogerá de manera automática los valores de potencia contratada en relación con la ya existente, de ahí la necesidad de una nueva optimización de la potencia.

Sin embargo, en el caso del sótano, se ha observado una gran disparidad de potencias máximas consumidas en los distintos años de análisis, por lo que se aconseja esperar el año 2021 para realizar la optimización, ya que, con los datos de este año, se podrá observar la tendencia que sigue el consumo de potencia en este año y en el caso de realizarse, tras la aplicación de todas aquellas medidas que se presentarán posteriormente.

Cabe destacar que, como el consumo punto de suministro referenciado al sótano proviene prácticamente en su totalidad de la refrigeración, éste dependerá en gran medida de las temperaturas que se puedan alcanzar cada año, de ahí la gran variabilidad entre los valores de potencia máxima consumida en el sótano.

En resumen, debido a la continuidad en los valores de potencia máxima consumida en el edificio, se aconseja la realización del cambio en los valores de potencia contratada por los que se han expuesto anteriormente. Sin embargo, no se aconseja, aún, el cambio de las potencias contratadas debido a la gran variabilidad de su curva de carga.

Esta medida no posee plazo de amortización ya que posee una inversión nula, y los beneficios se obtienen en la primera factura eléctrica tras la realización de la medida.

## 10.2. Medida 2: Cambio en la iluminación

Como se ha citado anteriormente, existe una gran oportunidad de mejora en cuanto a iluminación se trata. En esta medida no está contemplada posibles medidas como eliminación de algunas luminarias, aprovechamiento de luz natural o sensores de presencia. Por tanto, esta **medida contemplara solamente el cambio de la iluminación existente por una más eficiente.**

Así pues, la iluminación se verá sustituida tal y como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 20: Propuesta de sustitución iluminación

Ahora	Sustitución	Precio unitario (€)	Ahorro/unidad (W)
Tubo Fluorescente 18 W, 60 cm	Philips CorePro LEDtube 600mm 8W 840	4,5	10
Tubo Fluorescente 36 W, 120 cm	Philips CorePro LEDtube 1200mm 14.5W 865	5,15	21,5
Tubo Fluorescente 58 W, 150 cm	Philips CorePro LEDtube 1500mm 20W 865	6,85	38
Bombillas fluorescentes compactas 26 W	Bombillas Aigostar 183646 LED PLC 2U 12W Bombilla LED Maiz	3,38	14
Otras bombillas (15, 60, 100W)	Bombilla LED E27 A60 10W	1,15	5,50,90

Tal y como se observa en la tabla anterior, todos los cambios producen una disminución en la potencia de cada punto de iluminación, lo que conllevará cierto ahorro. Este ahorro se ha estimado que puede rondar los **2523,41 € al año**. A continuación, se detalla este ahorro por plantas:



Tabla 21: Ahorro económico por año medida 2

Planta	€/año
PB	387,54
P1	435,48
P2	580,25
P3	480,98
P4	401,31
P5	55,10
Otros	183,20
<b>TOTAL</b>	<b>2.523,41</b>

Tabla 22: Ahorro de potencia medida 2

Planta	P (W)
PB	2461,5
P1	2766
P2	2841
P3	2318
P4	2114
P5	350
Otros	2814
<b>TOTAL</b>	<b>15664,5</b>

En el **ANEXO II** se muestra con detalle cada cambio en la iluminación.

El coste de esta medida se detalla a continuación, desglosando por piso y en cada piso por tipo de iluminación:

Tabla 23: Costes medida 2.

Planta	Iluminación	Precio Unitario (€)	Elementos	Total (€)
PB	Bombillas Aigostar 183646 LED PLC 2U 12W Bombilla LED Maiz	3,38	93	314,34
	Bombilla LED E27 A60 10W	1,15	5	5,75
	Philips CorePro LEDtube 600mm 8W 840	4,50	65	292,50
	Philips CorePro LEDtube 1200mm 14.5W 865	5,15	1	5,15
	Philips CorePro LEDtube 1500mm 20W 865	6,85	1	6,85
P1	Bombillas Aigostar 183646 LED PLC 2U 12W Bombilla LED Maiz	3,38	38	128,44
	Bombilla LED E27 A60 10W	1,15	9	10,35
	Philips CorePro LEDtube 600mm 8W 840	4,50	56	252,00
	Philips CorePro LEDtube 1500mm 20W 865	6,85	40	274,00

P2	Bombillas Aigostar 183646 LED PLC 2U 12W Bombilla LED Maiz	3,38	30	101,40
	Bombilla LED E27 A60 10W	1,15	6	6,90
	Philips CorePro LEDtube 600mm 8W 840	4,50	226	1.017,00
	Philips CorePro LEDtube 1200mm 14.5W 865	5,15	14	72,10
P3	Bombillas Aigostar 183646 LED PLC 2U 12W Bombilla LED Maiz	3,38	116	392,08
	Bombilla LED E27 A60 10W	1,15	26	29,90
	Philips CorePro LEDtube 600mm 8W 840	4,50	4	18,00
	Philips CorePro LEDtube 1200mm 14.5W 865	5,15	16	82,40
	Philips CorePro LEDtube 1500mm 20W 865	6,85	4	27,40
P4	Bombillas Aigostar 183646 LED PLC 2U 12W Bombilla LED Maiz	3,38	129	436,02
P5	Bombilla LED E27 A60 10W	1,15	7	8,05
Otros	Bombillas Aigostar 183646 LED PLC 2U 12W Bombilla LED Maiz	3,38	5	16,90
	Bombilla LED E27 A60 10W	1,15	12	13,80
	Philips CorePro LEDtube 1200mm 14.5W 865	5,15	60	309,00
<b>TOTAL IVA. INCL</b>				<b>2.530,95 €</b>

Así pues, se estima un coste de materiales de 2530,95 €. Si se estima que un coste de mano de obra de 298,24 € IVA incluido, por los honorarios al electricista, se obtiene un **coste total de 2829,19 €**.

Lo que supone un plazo de amortización de:

$$Amortización = \frac{Inversión}{Ganancias} = \frac{2829,19 \text{ €}}{2523,41 \text{ €/año}} = 1,12 \text{ años}$$

Por lo que lo invertido se recuperará **en 1,12 años**. Un plazo de amortización muy aceptable.

Además, el cambio en la iluminación repercutirá en la potencia consumida por el edificio. Así pues, este cambio puede suponer un ahorro incluso mayor al poder disminuir aún más las

potencias contratadas de la medida 1. Sin embargo, para realizar este cambio, se aconseja esperar un periodo de tiempo amplio para conocer el consumo de potencia de la nueva instalación y así poder valorar, otra vez, cuál será la nueva potencia óptima de la instalación.

### 10.3. Medida 3: Reforma en el sistema de iluminación

A continuación, se presenta una reforma completa en el sistema de iluminación la cual se sustenta en 5 pilares fundamentales:

- **Instalación de interruptores:** Durante la visita, se ha observado que, en muchos casos, estancias grandes eran controladas por pocos interruptores. Lo ideal, sería que **hubiese un interruptor por puesto**, lo que controlaría la luminaria de su propio puesto. En muchos casos, esta instalación podría reducir el consumo eléctrico de la zona un **50%** ya que, en estos casos hay un solo interruptor para un despacho, el cual, si dicho sistema se cambiase por 2 interruptores, el usuario elegiría solo la zona donde va a trabajar, consumiendo la mitad.

- **Instalación de sistemas de aprovechamiento de luz natural:** Durante la visita, también se observó que se hace un uso innecesario de la iluminación, ya que, los despachos situados junto a la fachada sur, suroeste y sureste poseen una gran fuente de iluminación a través de las ventanas. Por ello, se ha considerado oportuno la instalación de sistemas que regulen tanto la intensidad lumínica como el consumo de los diferentes puntos de iluminación de estas oficinas. En muchos casos, puede suponer una reducción del consumo de un día concreto en una oficina concreta de hasta el **100%** al no necesitar apoyo de luz artificial.

- **Instalación de sensores de presencia:** Durante la visita, se observó que pasillos, escaleras, baños... Eran controlados por interruptores, lo que suponía al final que estos puntos de iluminación estuvieran permanentemente encendidos durante toda la jornada laboral. Así pues, con la instalación de estos sensores de presencia, se consigue que estos puntos solo estén encendidos mientras alguien transcurre a través de estas zonas. Con la aplicación de estas medidas, se considera que se puede llegar a reducir el consumo de estas zonas un **90%** al no estar constantemente encendidas estas luces.

- **Cambio en la iluminación:** Este cambio correspondería al presentado en la medida 2. Este cambio como se ha observado supondría una reducción en el consumo del **49,68%**.

- **Optimización de la iluminación:** En muchos casos, se ha observado que hay zonas que presentan una iluminación excesiva para el tipo de zonas que son. Así pues, siguiendo la **UNE 12464-1**, la cual establece los niveles mínimos de iluminación exigidos, se añaden y eliminan distintos puntos para conseguir aún un mayor ahorro. Estos datos, se pueden observar en el **ANEXO II**. En la tabla, se pueden observar la iluminación de las distintas zonas, junto al nivel de iluminación en luxes exigida en la norma anteriormente citada. En algunos casos, no cumple la exigencia, pero se ha considerado que este hecho puede permitirse al situarse dicha zona en localizaciones con gran aporte de luz natural. Esta medida supone un ahorro del **17%** respecto al cambio de iluminación presentado en la medida 2.

Con todo esto, si se considera que hoy en día hay presente una media de uso de la iluminación de 7 horas al día, 5 días a la semana, 4 semanas al mes, 12 meses al año, se obtiene un ahorro estimado de **9797,69 €/año**, con la aplicación conjunta de todas las medidas.

Por otro lado, se ha estimado un coste de las medidas de **9797,69 €**

Lo que supone un plazo de amortización de:

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ganancias}} = \frac{9797,69 \text{ €}}{3542,89 \text{ €/año}} = \mathbf{2,76 \text{ años}}$$

Por lo que lo invertido se recuperará **en 2,76 años**. Un plazo de amortización muy aceptable, que, aunque sea mayor que el de la medida anterior, es más recomendable ya que los beneficios anuales de esta medida son también mayores. Además, la aplicación de esta medida supondrá una reducción de alrededor del 70% de emisiones de CO<sub>2</sub> con respecto a las emisiones producidas debido a la instalación de iluminación actual.

#### 10.4. Medida 4: Instalación de láminas solares

El principal problema que posee el edificio viene ocasionado por la cristalería existente. El inmueble posee una orientación muy desfavorable debido a que por la mañana el sol incide por la cara sureste y por la tarde por la cara suroeste, pasando al mediodía por la cara sur. Además, los cristales existentes son muy ineficientes energéticamente ya que poseen un factor solar muy elevado, de alrededor de **0,85**, lo que provoca que toda la energía proveniente del sol en forma de calor pase directamente a los despachos situados al lado de las cristaleras aumentando la temperatura de estos.

Todo ello provoca que estos cristales se conviertan en grandes radiadores que mientras incide el sol sobre ellos, transmiten gran cantidad de energía en forma de calor al interior.

Los cristales, se han estimado que, pueden llegar a una temperatura de **42-45°C** en la parte exterior, un día con gran irradiación solar. Dicha temperatura y debido a la estructura de la cristalería, se transmite al interior llegando aún a temperaturas muy elevadas lo que provoca el aumento de la temperatura interior, y aunque deje de incidir el sol sobre ellos, el cristal presenta tal inercia térmica que sigue emitiendo calor. Todo ello, además, provoca que los cristales se dilaten y contraigan produciéndose roturas en los mismos, como ya se ha observado en diversos, presentes en el edificio.

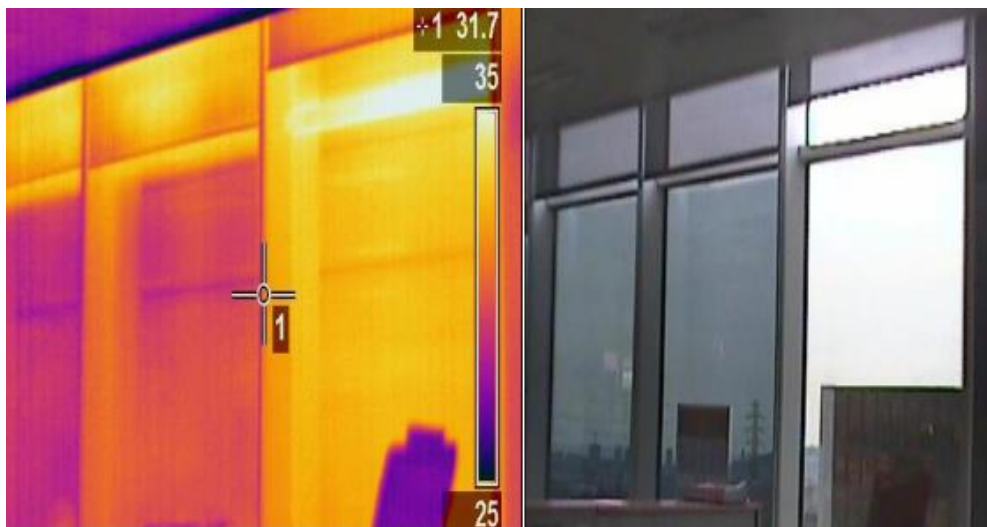
Como consecuencia a este aumento de la temperatura, los usuarios cercanos a las ventanas encienden todos los aparatos destinados a la refrigeración con objeto de disminuir dicha temperatura lo que provocan los picos de consumo que se han visto en el apartado correspondiente de consumos. Además, los despachos y oficinas situados en la parte interior del edificio sufrirán esta disminución térmica y como ya se ha observado, se hará uso de abrigo y prendas para no sufrir tanto. Todos estos usos de los sistemas de refrigeración provocan además del consumo correspondiente, una reducción en la vida útil de dichos sistemas.

Por tanto, se podrían dar dos posibles soluciones, por un lado, el cambio de la cristalería por una más eficiente, opción que se ha desechado debido al alto coste que tendría y la dificultad que esta solución lleva aparejada, y por otro lado la instalación de **láminas de protección solar**, opción que finalmente se ha escogido.

Estas láminas están compuestas por átomos metálicos cuya función es la de “rebotar” la energía calorífica proveniente del sol, rechazando alrededor de un 72-81% de la energía solar incidente. Con esto se conseguiría disminuir significativamente la temperatura interior y por tanto el consumo de refrigeración disminuiría en gran cantidad.

Otro aspecto a considerar es la parte del cristal donde se instalará dichas láminas. Se ha optado por colocarlas en la parte exterior del edificio ya que, aunque su instalación sea más complicada, los cristales no sufrirán tanto. Esto es debido a que, si se colocan en la parte interior, los cristales seguirán calentándose, e incluso más que antes debido a que los rayos solares calentarán el cristal una primera vez cuando inciden sobre el cristal y una segunda vez al ser rebotados, por lo que el efecto negativo de la temperatura sobre los cristales se vería duplicado.

En la siguiente imagen se puede ver el efecto de la colocación de este tipo de láminas en los cristales.



*Ilustración 61: Efecto de las láminas en los cristales*

Como se observa, los cristales con las láminas poseen una temperatura inferior a los que no los tienen, por lo que se confirma la utilidad de este material.

Con todo esto, las láminas escogidas son las **Sentinel Plus Stainless Steel 25 de la marca SOLARCHECK**. Los cálculos realizados arrojan un ahorro en refrigeración de 45763 kW/año lo que se traduce en **8237,32 €/año y 29745,88 kgCO<sub>2</sub>/año**

El presupuesto de esta medida es de **32245,29 € IVA incluido** lo que supone un plazo de amortización de:

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ganancias}} = \frac{32245,29 \text{ €}}{8237,32 \text{ €/año}} = \mathbf{3,91 \text{ años}}$$

Dichas laminas, poseen una garantía de 7 años y una vida útil de al menos 10 años, por lo que, a lo largo de los 10 años, se puede haber conseguido unos beneficios de **50128,2 €**. Además, su instalación es muy sencilla ya que estas láminas poseen un adhesivo que se activa en contacto con el agua y se pueden adherir fácilmente a la superficie del cristal.

Con la instalación de estas láminas se consigue un factor solar del conjunto (cristales + lámina) de **0,22**, que, comparando con el valor anterior de factor solar, supone una disminución del 74,11%.

Debido a todo esto, se ha considerado una medida muy interesante y **la más importante** de todas las que se han ofrecido en esta auditoría debido a su alto impacto de mejora en los consumos del edificio.

### **10.5. Medida 5: Concienciación del personal**

Como se ha observado a través de todo el informe, hay bastantes oportunidades de ahorro que solo se pueden conseguir con la ayuda del personal del edificio. Con ello, hay que conseguir que dicho personal se conciencie y posea el sentimiento de querer ahorrar energía. Por ello, a continuación, se exponen una serie de acciones que deben que debe llevar a cabo el personal para el ahorro de energía del edificio:

- **Utilizar sólo la luminaria necesaria:** Esta acción va muy aparejada con la medida 3, ya que, si se instalan los interruptores anteriormente citados, se podrá hacer un uso eficiente de la iluminación.

- **Asegurarse de la desconexión de todos los equipos una vez haya terminado la jornada laboral:** Esta acción es de gran importancia ya que como se ha observado en el apartado de consumos, éste está presente en un nivel elevado durante la noche, periodo donde idealmente, no debería haber consumo alguno. Por ello, la desconexión de ordenadores, enchufes, luces... será de gran importancia.

- **No utilizar los sistemas de climatización si no es necesario:** Con la aplicación de la medida 4, las condiciones de temperatura y humedad del edificio mejorarán sustancialmente como ya se ha observado. Por tanto, el personal debe tener en cuenta que no se debe hacer un uso excesivo del sistema de climatización, ya que, según la normativa, la temperatura dentro de la oficina debe oscilar entre **17-27 °C** y la humedad entre **30-70%**. Por tanto, mientras las condiciones de la oficina se encuentren en esos valores, no será necesaria la puesta en marcha de los sistemas de climatización.

Como conclusión, cabe destacar que todas las medidas anteriormente expuestas, pueden o no llegar a ser realmente efectivas. Esta elección la decantará fundamentalmente los empleados y el uso que hacen de las instalaciones. Por ello, a pesar de que este apartado no es de gran importancia, en realidad lo es.



## 11. Estudio de implantación de energía fotovoltaica

A continuación, se estudiará la posible implantación de un sistema de generación eléctrica mediante una instalación fotovoltaica. Sin embargo, antes de ello, se repararán ciertos aspectos de los sistemas fotovoltaicos para que más tarde, en una parte posterior de análisis y estudio de las opciones disponibles, se comprenda con una mayor facilidad los conceptos que se explicarán.

### 11.1. Antecedentes

La energía fotovoltaica se puede definir como aquella energía procedente del sol que es transformada directamente en electricidad a través de unos paneles fotovoltaicos. Esta energía procede del sol, donde, en su interior, se producen una serie de reacciones de fusión. Estas reacciones liberan gran cantidad de energía a través de la corteza del sol y es emitida de forma esférica y en forma de ondas electromagnéticas al espacio. Estas ondas recorren el espacio hasta llegar a la Tierra donde es aprovechada. Una forma sencilla de cuantificar la potencia en forma de irradiancia que llega hasta la tierra sería la siguiente:

- Se toman como conocidos los siguientes datos: Distancia media de la Tierra al Sol:  $149,6 \cdot 10^9$  m; Constante de Stefan-Boltzmann ( $\sigma$ )=  $5,67 \cdot 10^{-8}$  W/m<sup>2</sup>K<sup>4</sup>; Temperatura de la corona exterior del sol: 5773 °K; Radio del sol:  $696 \cdot 10^6$  m.

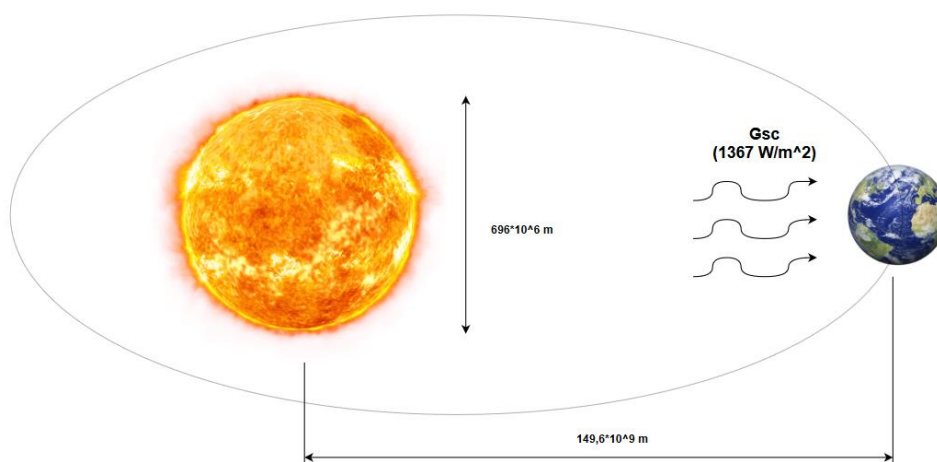


Ilustración 62: Esquema situación Sol-Tierra

- Así pues, se calcula la potencia por metro cuadrado generada por el sol, como:

$$p = \sigma * T^4 = 5,67 * 10^{-8} \frac{W}{m^2 K^4} * (5773 K)^4 = 62,978 * 10^6 \frac{W}{m^2}$$

- Por tanto, para calcular la potencia total irradiada por el sol:

$$P = p * S_{sol} = 62,978 * 10^6 \frac{W}{m^2} * 4\pi * (696 * 10^6 m)^2 = 3,8 * 10^{26} W$$

- Como se observa, el sol genera emite una potencia de  $3,8 * 10^{26} W$ . Un aspecto interesante para discutir en este punto es la energía generada por el sol en un segundo. Esta energía sería de  $3,8 * 10^{26} Ws$ . Así pues, cada segundo el sol genera  $3,8 * 10^{23} kW$ , más de toda la energía que ha consumido el ser humano en su historia.
- Para calcular la potencia en forma de irradiancia que llega a la tierra procedente del sol se utiliza la siguiente fórmula:

$$I = \frac{P}{4\pi d_{sol-tierra}^2} = \frac{3,8 * 10^{26} W}{4\pi * (149,6 * 10^9 m)^2} \approx 1367 \frac{W}{m^2}$$

Por tanto, la potencia que recibirá la bóveda terrestre, procedente del sol, será de  $I = G_{sc} = 1367 W/m^2$  el cual corresponde con la constante solar.

Sin embargo, toda esta irradiancia no llega a la superficie de la Tierra, sino que alrededor de un 30 % se ve absorbida o reflejada por la atmosfera, donde entran en juego varios agentes como son el ozono, aerosoles, polvo atmosférico, moléculas de aire o vapor de agua.

Así pues, el valor de irradiancia óptimo que llegará a una superficie perpendicular a la dirección de los rayos en un día despejado y sin contaminación, rondará los  $1000 W/m^2$ .

Esta radiación global se puede descomponer en 3 componentes, tal y como se muestra en la ilustración 63:

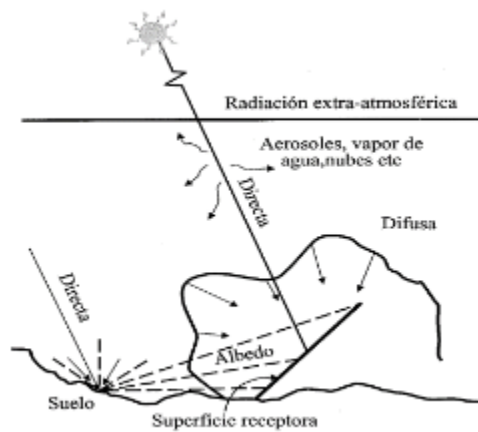


Ilustración 63: Diagrama de componentes de radiación

- **Radiación directa:** Es la radiación que proviene directamente del sol. Esta componente supondrá alrededor de un 80% de la radiación global.
- **Radiación difusa:** Es la radiación emitida por la atmósfera debido a los procesos de reflexión y refracción que se producen en ésta. En días nublados puede suponer un porcentaje importante de la radiación global.
- **Albedo:** Es la radiación que proviene de la reflexión de la luz solar con otra superficie. Su valor suele ser bastante pequeño a no ser que la superficie receptora esté rodeada de una superficie blanca.

Así pues, todos estos valores de irradiancia y radiación se pueden obtener mediante cálculos complejos o tomando los valores medidos procedentes de bases de datos oficiales como es la que se utilizará en esta memoria, la cual es **Meteo Navarra**.

Por otro lado, en la actualidad hay diversas formas de dar uso a la energía fotovoltaica. A continuación, se presenta un esquema con una posible clasificación de los tipos de sistemas de generación fotovoltaica presentes en la actualidad.

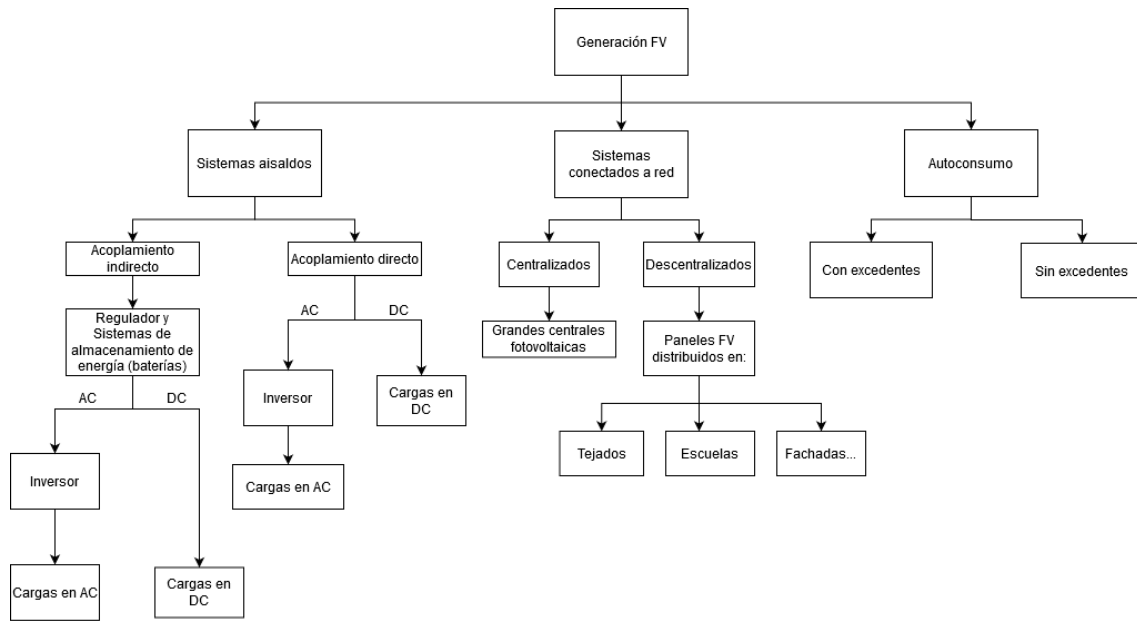


Ilustración 64: Esquema de sistemas de generación FV

**a) Sistemas aislados:** Los sistemas aislados no presentan una conexión a la red eléctrica, sino que toda la energía consumida por las cargas, tanto en alterna como en continua, es generada en la propia instalación fotovoltaica, por lo que en este tipo de sistemas se priorizará la seguridad de abastecimiento frente a maximización de producción de la energía. Estos tipos de sistemas son muy útiles en emplazamientos donde no es posible la distribución de energía eléctrica como inmuebles en zonas rurales, alejadas de núcleos urbanos, u otras aplicaciones como alimentación de farolas, bombeo fotovoltaico...

Estos sistemas se pueden dividir en:

- **Sistemas aislados de acoplamiento directo:** Estos sistemas no presentan sistemas de regulación, ni almacenamiento de energía, así que toda la energía generada por los paneles fotovoltaicos será utilizada instantáneamente. Este sistema es poco eficiente debido a que el sistema no se situará en su punto óptimo de trabajo, ya que en días nublados y con poca radiación solar, la instalación trabajará por debajo del *punto de máxima potencia* (Se explicará posteriormente) y, por tanto, no podrá suministrar la energía, ni la potencia necesaria al sistema. Por el contrario, si el punto de trabajo es superior a ese punto de trabajo óptimo (situación que se produciría en caso de poco consumo y gran radiación), el rendimiento de la instalación disminuiría al no aprovecharse toda la energía generada.

Con estos sistemas se pueden alimentar tanto cargas en alterna, como en continua. Estas últimas se conectarán directamente a los generadores fotovoltaicos, mientras que las cargas en alterna deberán ser alimentadas a través de un inversor fotovoltaico, el cual se encarga de transformar esa energía eléctrica de continua a alterna.

- **Sistemas aislados de acoplamiento indirecto:** Estos sistemas sí presentan un sistema de regulación y almacenamiento de energía (baterías). Con estos dos elementos se permite la acumulación de energía para utilizarla cuando haya un déficit en la generación de electricidad del generador fotovoltaico. Así pues, los días con mucha irradiancia y poco consumo, la energía sobrante se verterá a los sistemas de acumulación de energía, mientras que los días nublados y con poca irradiancia, se complementará la energía producida por los módulos fotovoltaicos, con la energía almacenada en las baterías, permitiendo trabajar siempre en el *punto de máxima potencia* o puntos cercanos a él. Estos cambios en la forma de trabajar de las baterías (paso de recibir a dar energía y viceversa), así como el establecimiento de la tensión del sistema, es trabajo del regulador.

Con estos sistemas se pueden alimentar tanto cargas en alterna, como en continua. Estas últimas se conectarán directamente al regulador, mientras que las cargas en alterna deberán ser alimentadas a través del inversor fotovoltaico.

**b) Sistemas conectados a red:** En los sistemas conectados a red, al contrario que los sistemas aislados, toda la energía generada por los módulos fotovoltaicos es entregada a la red. Así pues, en este caso no se priorizará tanto la seguridad de abastecimiento, sino trabajar siempre en el punto de máxima potencia y maximizar la producción. Estos sistemas se pueden dividir en:

- **Sistemas conectados a red centralizados:** En estos sistemas se pueden englobar las grandes centrales fotovoltaicas, las cuales generan gran cantidad de energía en comparación con el resto de los sistemas fotovoltaicos. Esta energía se vierte íntegramente a la red a unos 20 kV. Estos sistemas poseen más elementos que en el caso de los sistemas aislados, sin embargo, no entraremos en detalle sobre cuáles son estos al no ser el objeto de este trabajo.

- **Sistemas conectados a red descentralizados:** Estos sistemas generan relativa poca potencia en comparación con los sistemas conectados a red

descentralizados. Además, la inyección a la red se hace de forma dispersa, a través de multitud de puntos dispersos alrededor de la geografía, donde los módulos fotovoltaicos, pueden estar incorporados en fachadas, tejados, escuelas... La potencia generada suele variar entre los 2-10 kW en instalaciones de uso residencial, hasta los 10-100 kW en instalaciones de uso industrial. Un esquema simplificado de este tipo de sistemas es el siguiente:



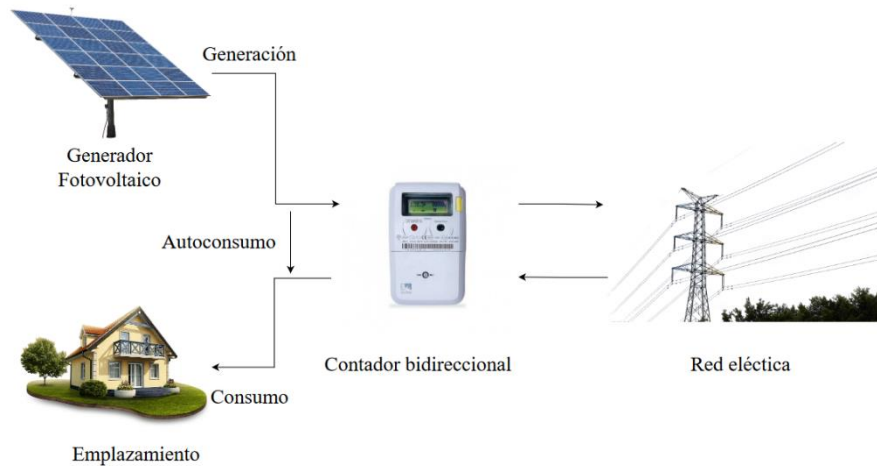
*Ilustración 65: Esquema de sistema conectados a red descentralizados*

c) **Autoconsumo:** Este tipo de instalación es una modalidad intermedia entre las dos anteriores ya que la energía consumida en este tipo de emplazamientos proviene de dos fuentes: Por un lado, la energía eléctrica fotovoltaica que proviene de los módulos FV y, por otra parte, la energía eléctrica proveniente de la red. Esto supone una reducción en el consumo eléctrico, del emplazamiento donde este situada la instalación fotovoltaica y por consiguiente un ahorro económico. Además de otros aspectos como la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero. Según los excedentes de energía del sistema, podemos clasificar las formas de autoconsumo en:

- **Autoconsumo sin excedentes:** En este tipo de autoconsumo, la energía sobrante no se vierte a la red, sino que se consume toda la energía que los paneles fotovoltaicos generan. Sin embargo, sí que se consume energía proveniente de la red. Con este tipo de autoconsumo, se consigue reducir el consumo eléctrico de la red, lo que repercute directamente en la factura eléctrica anual.

- **Autoconsumo con excedentes:** En este tipo de autoconsumo, la energía sobrante sí que se vierte a la red. Además, se consume energía proveniente de la red en caso de que la aportada por el generador fotovoltaico no

sea suficiente para satisfacer la demanda de la instalación. Por tanto, además de la reducción en la factura anual asociado a la producción eléctrica de los módulos FV, hay que sumar la reducción asociada a los vertidos de energía a la red, la cual se contabilizará a través de unos contadores. El esquema de este tipo de instalación es la siguiente:



*Ilustración 66: Esquema simplificado de autoconsumo con excedentes*

Con todo esto, se ha decidido que el tipo de instalación óptimo para el edificio objeto de la auditoría es el **autoconsumo con excedentes**, ya que este edificio, se puede conectar sin ningún problema a la red eléctrica, lo que hace descartar la posibilidad del diseño de un sistema aislado. También, el objetivo de este edificio no es el de la producción de energía eléctrica para su inyección a la red, por lo que también queda descartada la opción del diseño de un sistema conectado a red. Por último, dentro del autoconsumo, se ha elegido el autoconsumo con excedentes ya que es el que más beneficios puede ofrecer a la hora del tratamiento de excedentes debido a que en temporadas de muy poco uso de los espacios del inmueble y, por tanto, una posible generación de excedentes en energía eléctrica se puede inyectar a la red, consiguiendo una reducción aún mayor en la factura eléctrica.

## 11.2. Elementos de la instalación fotovoltaica.

A continuación, se detallarán todos los componentes de la instalación fotovoltaica de autoconsumo con excedentes. Cabe destacar que los elementos que a continuación se desarrollarán solo corresponden a los utilizados en esta modalidad de autoconsumo y elementos

propios de otra configuración como los inversores o baterías en el caso de los sistemas aislados no estarán incluidos a continuación.

**a) Módulo fotovoltaico:** Éste es el elemento principal y fundamental de la instalación fotovoltaica. Es el encargado de la transformación de la energía proveniente del sol en energía eléctrica en forma de corriente en continua. Sin embargo, hay otros paneles como en el caso de la energía solar térmica para producción de ACS, los cuales no transforman esta energía en electricidad, sino en calor, pero no se explicará esta última modalidad al no ser objeto de este trabajo.

Este módulo está formado por multitud de células fotovoltaicas, conectadas en serie y en paralelo para conseguir una mayor tensión y corriente. Habitualmente están constituidas por silicio dopado. Estas células aprovechan el llamado efecto fotoeléctrico el cual se puede explicar de manera muy resumida de la siguiente manera:

El efecto fotoeléctrico se produce al impactar un fotón en la superficie de la célula fotovoltaica. Este fotón cede su energía a un electrón de baja energía del material, el cual se ve “liberado” pudiendo circular libremente a través del material. Para poder aprovechar este electrón, es necesario extraerlo de la célula. Esta extracción se realiza a través de un campo eléctrico creado por la unión de dos semiconductores distintos en la llamada unión p-n (habitualmente Boro (p) y Fósforo (n)). Esta unión p-n, se produce dopando el silicio con boro, formando una región con ausencia de electrones (p) y dopando el silicio con fósforo, formando una región con exceso de electrones (n), y, por tanto, generándose el campo eléctrico. La extracción de los electrones se realiza mediante la disposición de dos contactos metálicos en la parte frontal y en la parte posterior de la célula. Estos contactos no serán iguales en ambos lados, ya que en la parte frontal se maximizará la superficie receptora mediante unos contactos de tipo “peine” mientras que, en la parte posterior, la cual no es receptora de ningún tipo de radiación solar, el contacto se extiende por toda la superficie. A continuación, se muestra un dibujo explicativo:



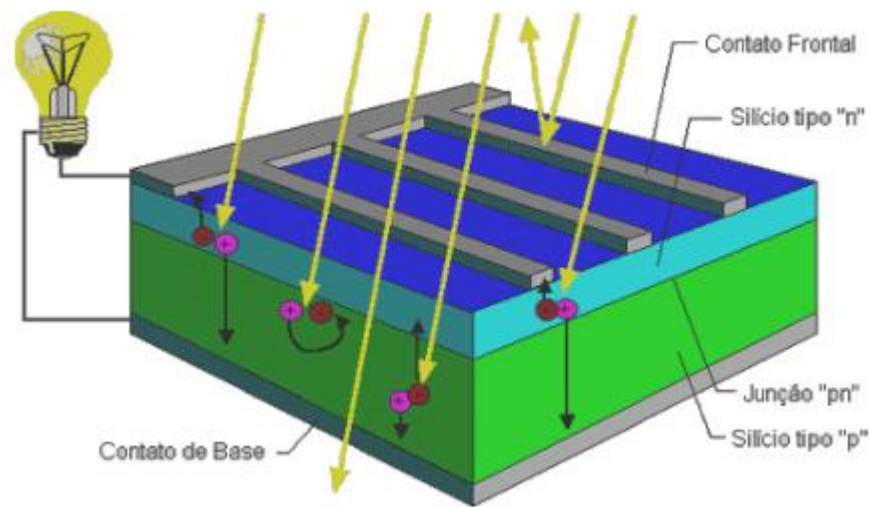


Ilustración 67: Estructura de una célula fotovoltaica

Existen dos tipos de células fotovoltaicas, monocristalinas y policristalinas. Algunas de las diferencias más importantes son las que se recogen en la siguiente tabla.

Tabla 24: Diferencias entre tipos de células

<b>Célula monocristalina</b>	<b>Células policristalinas</b>
Compuesta por silicio monocristalino	Compuesta por silicio policristalino
Coste de producción elevado	Coste de producción bajo
Solo se puede producir en lingotes cilíndricos	Se producen en lingotes de cualquier forma
Mayor rendimiento	Peor rendimiento
Mejor comportamiento a altas temperaturas	Peor comportamiento a altas temperaturas
Mayor vida	Menor vida
Precio más elevado	Precio menos elevado

Como se observa, el precio de una célula monocristalina es superior a una policristalina, sin embargo, debido al desarrollo tecnológico, se ha conseguido que esta diferencia no sea muy considerable.

Por otro lado, también existen otro tipo de células, compuestas por Telururo de Cadmio (CdTe), Seleniuro de Cobre Indio (Células CIS) o Arseniuro de Galio (GaAs), muchas de ellas en fase experimental, pero con muy buenas expectativas para un futuro cercano.

Como ya se ha dicho, el módulo fotovoltaico está compuesto de multitud de estas células, conectadas en serie para conseguir un mayor voltaje y, además, conectadas en paralelo, con el objetivo de conseguir una mayor corriente. Sin embargo, estos módulos no solo están compuestos de células fotovoltaicas, sino que éstas están encapsuladas a través de varios vidrios con muy alta transmisividad, para así conferirle una mayor resistencia, aislarlas eléctricamente y proteger a las células. Una disposición habitual en este tipo de módulos es la que se muestra en la Ilustración 68.

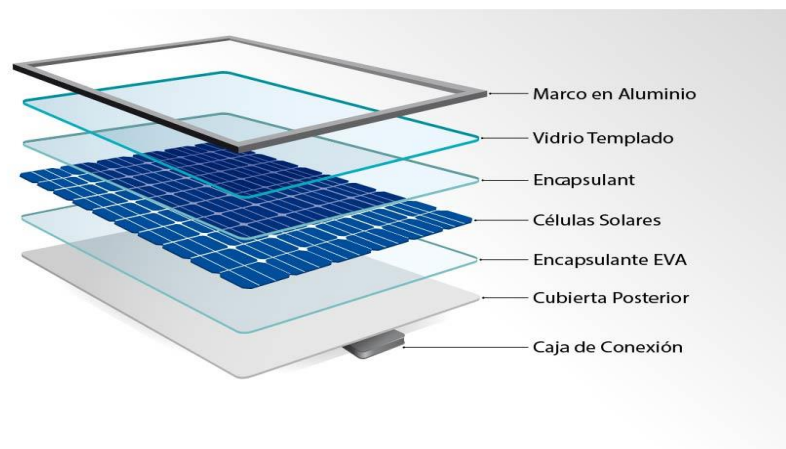


Ilustración 68: Estructura de un módulo fotovoltaico.

El módulo fotovoltaico posee ciertos parámetros que definen su comportamiento, los cuales son:

- **Tensión de circuito abierto ( $V_{oc}$ ):** Es el voltaje máximo que se podría obtener al tener los bornes en circuito abierto (Resistencia de carga infinita). En células de silicio, un valor habitual suele ser 0,6 V.
- **Corriente de cortocircuito ( $I_{sc}$ ):** Es la intensidad máxima que generará la célula, es decir, la corriente fotogenerada. Se considera que esta corriente es la que se produciría cuando la resistencia de carga es nula (Salida cortocircuitada). En células de silicio, un valor habitual suele ser 10-35 mA/cm<sup>2</sup>.

- **Potencia máxima ( $P_{m\acute{a}x}$ ):** Es la potencia máxima que puede ofrecer el módulo en Condiciones Estándar de Referencia (CER) (Irradiancia:  $1000\text{W}/\text{m}^2$ ; AM = 1,5 G; Incidencia normal y temperatura de la célula de  $25^\circ\text{C}$ ). El punto de la curva característica de la célula fotovoltaica correspondiente a la potencia máxima se denomina “punto de máxima potencia (MPP)”. Este será el punto deseado de trabajo para los módulos fotovoltaicos.
- **Corriente del punto de máxima potencia ( $I_M$ ):** Es la corriente generada por la célula cuando ésta se encuentra trabajando en el punto de máxima potencia. Su valor es bastante similar a la corriente de cortocircuito.
- **Tensión del punto de máxima potencia ( $V_M$ ):** Es la tensión generada por la célula cuando ésta se encuentra trabajando en el punto de máxima potencia. Su valor suele corresponder al 75-80% de la tensión de circuito abierto.

Con todos estos parámetros se puede construir la curva característica de la célula:

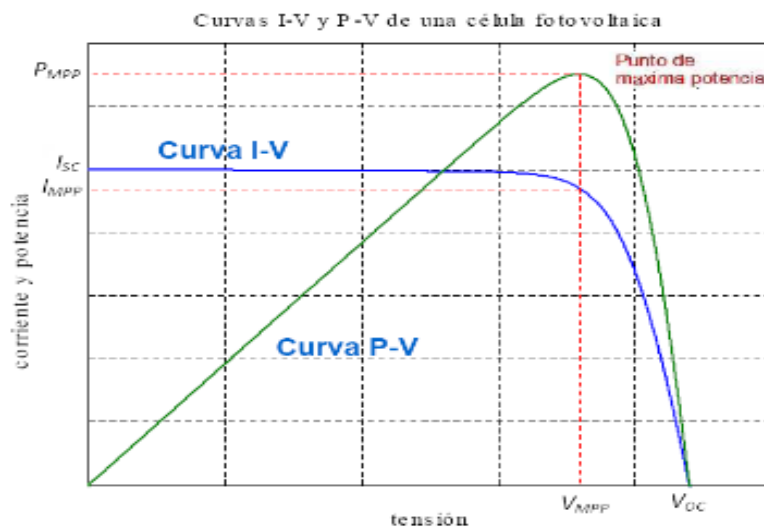


Ilustración 69: Curvas características de una célula fotovoltaica

Aunque, esta curva puede variar según la temperatura y la irradiancia incidente sobre la célula de la siguiente manera:

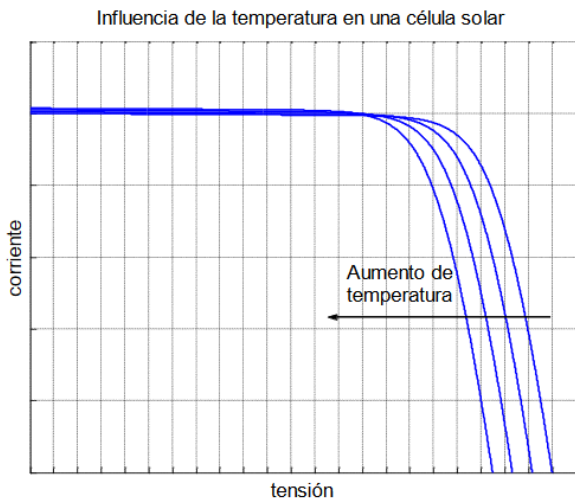


Ilustración 70: Influencia de la temperatura en la célula

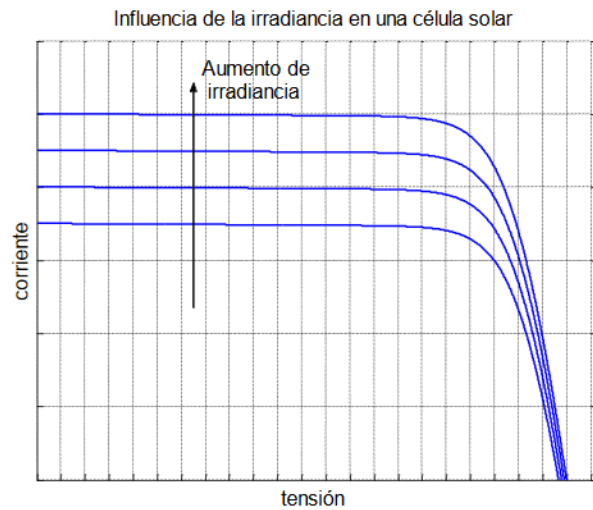


Ilustración 71: Influencia de la irradiancia en la célula

La curva característica del módulo, en condiciones normales (igualdad en los parámetros de las células, ausencia de sombras o suciedad...), será el resultado de la suma de las intensidades y tensiones parciales de cada célula.

Sin embargo, hay presentes otros parámetros igualmente importantes en módulo fotovoltaico como son:

- **Derivas térmicas:** Se suelen definir como  $\alpha$  y  $\beta$  y corresponden a la variación de los parámetros de intensidad y voltaje por cada grado Celsius.  $\alpha = \text{mA}/^\circ\text{C}$  y  $\beta = \text{mV}/^\circ\text{C}$ . También suele aparecer la variación de la potencia generada por grado celsius ( $\%/^\circ\text{C}$ ). Estas últimas aparecen como variación en porcentaje ya que es utilizado para modelizar las pérdidas por efecto de la temperatura, las cuales se explicarán al final de este apartado.
- **Rendimiento del módulo:** Es el coeficiente entre la máxima potencia que puede ofrecer el módulo y la potencia solar que recibe en ese momento. Este valor no suele ser muy alto, en torno a 10-15%.

- **Temperatura de Operación Nominal de la Célula:** Es la temperatura que alcanza la célula cuando se encuentra en unas condiciones específicas. Éstas son las llamadas Condiciones Nominales de Operación (CNO) las cuales son:
  - Irradiancia: 800 W/m<sup>2</sup>
  - Distribución espectral de radiación AM: 1,5 G
  - Incidencia normal
  - Temperatura ambiente: 20°C
  - Velocidad del viento: 1 m/s

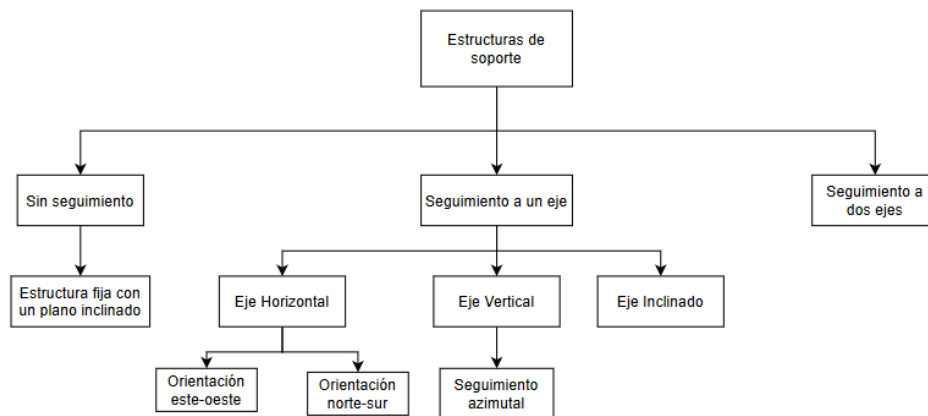
Así pues, conocido el funcionamiento del módulo fotovoltaico, se procede a la elección del mismo.

Para este trabajo, se ha optado por escoger el módulo **SPR-MAX3-400-COM de la compañía SUNPOWER**. Se ha escogido éste debido a que presenta una alta eficiencia (22,6%) y debido al poco espacio disponible, se priorizará la producción energética frente a otros aspectos. Los parámetros del módulo para las condiciones estándar de referencia son:

Tabla 25: Parámetros del módulo FV

Modelo	SPR-MAX3-400-COM
Eficiencia de los paneles	22,6 %
Tensión de máxima potencia ( $V_M$ )	65,8 V
Intensidad de máxima potencia ( $I_M$ )	6,08 A
Tensión en circuito abierto ( $V_{oc}$ )	75,6 V
Intensidad de cortocircuito ( $I_{sc}$ )	6,58 A
Potencia nominal	400 W
Precio	244€ / unidad
Tipo de silicio	Monocristalino

**b) Estructura de soporte:** Este elemento es el encargado de portar y conferir la inclinación, así como la sujeción necesaria al módulo fotovoltaico. Esta estructura deberá cumplir lo expuesto en el pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red (PCTICR) de IDAE de julio del 2011. Suele presentarse en forma de “kit” de fácil montaje e instalación. Los tipos de estructuras son los que se muestran a continuación.



*Ilustración 72: Tipos de estructuras de soporte*

- **Soporte sin seguimiento:** Este tipo de soportes presenta una estructura fija, es decir, no se mueve intentado conseguir la máxima irradiancia posible. El diseño de estos soportes se realiza buscando siempre el ángulo óptimo ente superficie horizontal y módulo fotovoltaico para maximizar la producción. El ángulo óptimo suele ser la latitud de la zona donde se instala  $+10^\circ$  en invierno y  $-10^\circ$  en verano. Además, estos módulos deberán estar separados una cierta distancia que se detallará en el apartado de dimensionamiento de la instalación.
- **Soporte con seguimiento a un eje:** Este tipo de soportes posee una estructura móvil con un solo giro entorno a un eje que puede ser horizontal, vertical o inclinado, para así buscar siempre la posición de máxima captación y por tanto generación fotovoltaica.
- **Soporte con seguimiento a dos ejes:** Este es el tipo de soportes más complejos y que más problemas suelen dar debido a los componentes que presenta, sin embargo, es el que más energía solar puede captar debido a su

giro entorno a dos ejes para adquirir esa posición para una máxima captación y generación fotovoltaica.

Por todo ello, se ha escogido un soporte sin seguimiento, ya que esta instalación fotovoltaica está pensada para una azotea de una oficina y, por tanto, se buscará un mantenimiento prácticamente nulo, aspecto que se consigue con una mayor facilidad con la estructura sin seguimiento. Así pues, la distribución, como el ángulo de este soporte se detallarán en el apartado de dimensionamiento de la instalación.

**c) Inversor fotovoltaico:** El inversor fotovoltaico permite, como ya se ha dicho antes, la conversión de corriente continua procedente de los módulos fotovoltaicos a una corriente alterna, con un valor eficaz y una frecuencia apta para alimentar las cargas o inyectar los excedentes a la red (Onda senoidal con un valor eficaz de 230 V y una frecuencia de 50 Hz para España).

Los inversores presentan muy buenos rendimientos ( $\eta > 90\%$  y vida útil de alrededor 20 años)

Por tanto, las principales funciones que tiene un inversor fotovoltaico es:

- Transformar la corriente continua en alterna
- Establecer la tensión de funcionamiento del generador FV
- Crear la onda senoidal descrita anteriormente
- Búsqueda en todo momento de la tensión correspondiente al punto de máxima potencia

Además, estos módulos suelen presentar diversas protecciones como son:

- Protecciones frente a la polarización inversa
- Protecciones frente a sobrecargas en la entrada y salida
- Protecciones frente a cortocircuitos y sobrecargas en la salida
- Protecciones frente a fallos de aislamiento
- Protecciones anti-isla con desconexión automática
- Protecciones frente a frecuencia de red fuera de rango

- Protecciones frente a perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos ...

Por otro lado, según el pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red (PCTICR) de IDAE de julio del 2011, establece que los inversores deberán incorporar al menos:

- Control manual de encendido y apagado general del inversor.
- Control manual de conexión y desconexión del inversor a la interfaz de corriente alterna

Además, este mismo pliego de condiciones establece los siguientes requisitos en cuanto a características eléctricas:

- El inversor debe seguir entregando potencia a la red de forma continua en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las condiciones estándar de medida (CEM) (Mismas condiciones que CER) y además debe soportar picos superiores al 30% de estas CEM durante 10 segundos.
- Además, el rendimiento del inversor deberá ser como mínimo del 92-94%, según las condiciones de funcionamiento.
- Las pérdidas en stand-by deberán ser inferiores al 2%
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95 para potencias generadas superiores al 25% de la potencia nominal.
- La inyección a la red se realizará a partir de potencias superiores al 10% de la potencia nominal.
- Para el caso del inversor fotovoltaico del estudio, se necesitará una protección mínima de IP66, debido a que la instalación de este equipo se realizará en la cubierta



- Los inversores deben funcionar correctamente para condiciones de 0-40°C y 0-85% de humedad relativa.
- La garantía del inversor debe ser de al menos 3 años.

En este apartado **no se realizará la elección del inversor** a utilizar ya que, para ello, se necesita realizar varios cálculos, los cuales se realizarán con posterioridad.

**d) Protecciones:** Estas protecciones serán necesarias tanto en la parte de continua, como en la de alterna, con el objetivo de, no solo proteger a las personas, sino también proteger la instalación eléctrica.

Estas protecciones deberán cumplir con lo dispuesto en el Artículo 14 de Real Decreto 1699/2011 el cual establece que deberán estar presentes en la instalación las siguientes:

- Como protección principal un elemento de corte que proporcione el aislamiento requerido en el RD 614/2001, de 8 de junio. En ocasiones, este elemento puede ser sustituido por un dispositivo de características similares perteneciente a la instalación generadora, pero que siempre, proporcione el mismo aislamiento entre generador y red que el ya antes expuesto.
- Incorporación de un interruptor automático diferencial, con objeto de proteger a las personas frente a derivaciones a tierra.
- Incorporación de un interruptor automático de conexión para la conexión y desconexión automática de la instalación cuando se produce alguna anomalía con respecto a la frecuencia o tensión de la red, junto a un relé de enclavamiento.
- Incorporación de protecciones de frecuencia y tensiones tal y como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 26: Valores límite de las protecciones

Parámetro	Umbral de protección	Tiempo máximo de actuación
Tensión máxima fase 1	1,1 Un	1,5 s
Sobretensión fase 2	1,15 Un	0,2 s
Tensión mínima	0,85 Un	1,5 s
Frecuencia máxima	50,5 Hz	0,5 s
Frecuencia mínima	48 Hz	3 s

Por otro lado, estas protecciones pueden actuar sobre el Interruptor General de Protección (IGP) o sobre los posibles interruptores presentes en los equipos generadores.

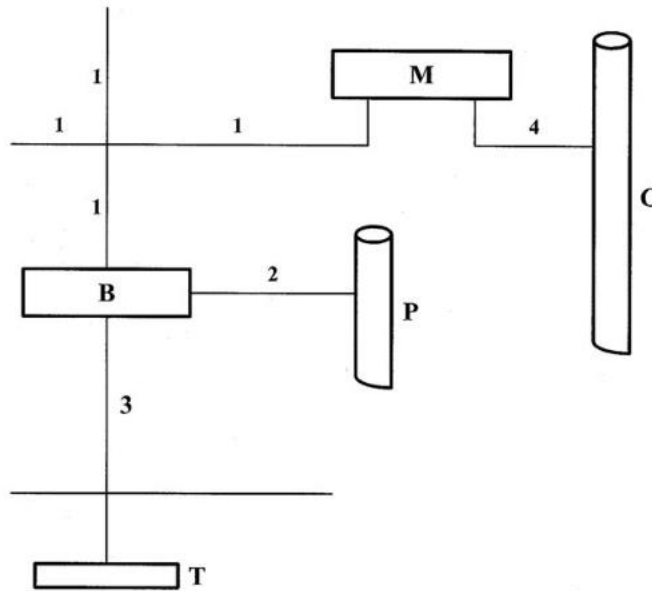
Además, estas protecciones deberán estar precintadas por la empresa distribuidora, tras las verificaciones oportunas sobre el sistema de conmutación y en el sistema de protección del propio equipo generador.

También, se deberán incorporar las protecciones necesarias para las dos zonas claramente diferenciadas de la instalación.

- Para tramo de corriente continua de la instalación (Desde el generador hasta el inversor), se colocarán las protecciones en continua que se describirán en el apartado de dimensionamiento.
- Para tramo de corriente alterna de la instalación (Desde el inversor hasta la red, se colocarán las protecciones en alterna que se describirán en el apartado de dimensionamiento.

**e) Puesta a tierra:** La puesta a tierra es la unión directa de un punto que pueda presentar un peligro debido a su carácter conductor, hasta unos electrodos soterrados bajo tierra. Esta puesta a tierra de gran importancia ya que tiene como objetivo el de limitar las diferencias de potencial entre las masas metálicas y tierra que se puedan presentar en un determinado momento, así como asegurar la actuación de las protecciones y disminuir los riesgos que se producirían en el caso de algún defecto en la instalación. Todo ello, protege al usuario de posibles contactos

indirectos u otros posibles peligros que puedan surgir. El esquema típico de esta instalación es el siguiente:



#### Leyenda

- 1 Conductor de protección.
- 2 Conductor de unión equipotencial principal.
- 3 Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de puesta a tierra.
- 4 Conductor de equipotencialidad suplementaria.
- B Borne principal de tierra, o punto de puesta a tierra
- M Masa.
- C Elemento conductor.
- P Canalización metálica principal de agua.
- T Toma de tierra.

*Ilustración 73: Esquema típico del circuito de puesta a tierra. Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). ITC 18.*

En el apartado del diseño de la instalación fotovoltaica, se detallarán más aspectos relacionados con la puesta a tierra de la misma conforme lo establecido en el Real Decreto 1699/2011 y en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT).

**f) Cableado:** El cableado es el encargado de unir los diferentes puntos de la instalación fotovoltaica para permitir el flujo de energía entre ellos, o en el caso de las protecciones, proteger al usuario. Se ha escogido el uso de **cables de cobre con aislamiento PVC**. El dimensionamiento de los cables se realizará en el apartado de

dimensionamiento de la instalación, ya que para su elección hay que realizar varios cálculos conforme al RETB.

**g) Equipo de medida:** El equipo de medida o contador bidireccional en el caso de autoconsumo con excedentes, es el encargado de registrar los excedentes generados por el generador fotovoltaico e inyectarlos a la red y a su vez, registrar la energía consumida desde la red eléctrica. Este equipo de medida deberá cumplir lo dispuesto en el Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica, el cual establece que es necesario un único contador en el punto frontera de la instalación con la red de distribución, entre otros aspectos. Además de cumplir lo dispuesto en Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico, el cual establece los requisitos que debe presentar el equipo de medida.

Así pues, el contador utilizado será el **FRONIUS SMART METER 63A-3**. Algunos parámetros de este contador serán:

Tabla 27: Parámetros de FRONIUS SMART METER 63A-3

Tensión Nominal	400-415 V
Frecuencia	50-60 Hz
Máxima corriente	3 x 63 A
Pantalla	LCD
Precio	190 €

Se ha escogido este equipo de medida ya que presenta unos parámetros eléctricos a lo demandado, pero, además, por su sistema de monitorización detallado de consumo de energía.

Para terminar este apartado, es necesario explicar las posibles pérdidas que puede haber entre los diferentes elementos de la instalación para tenerlas en cuenta a la hora del dimensionamiento de la instalación. Así pues, las pérdidas más frecuentes son:

- **Pérdidas por efecto Joule:** Estas pérdidas son las propias de los elementos conductores, ya que estos presentan una resistencia que obedece a la siguiente ecuación:

$$R = \rho * \frac{l}{A} \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde:

- R: Resistencia del conductor
- $\rho$ : Resistividad del material conductor ( $\Omega \cdot \text{m}$ )
- l: Longitud del conductor (m)
- A: Sección del conductor ( $\text{m}^2$ )

Así pues, las pérdidas por efecto Joule se calcularán como:

$$P_{\text{Joule}} = I^2 * R \quad (\text{Ec. 5})$$

Donde:

- I: Intensidad que circula por el conductor (A)
- R: Resistencia del conductor ( $\Omega$ )

Con todo esto, se recogen todos los valores de pérdidas producidas por efecto de los cables en la siguiente tabla:

Tabla 28: Pérdidas en cableado

Tramo	Material	Resistividad ( $\Omega \cdot \text{m}$ )	Sección ( $\text{mm}^2$ )	Longitud (m)	Resistencia ( $\Omega$ )	Intensidad (A)	Pérdidas (W)	% de pérdidas
Módulos -> Caja generador	Cobre	1,71E-08	1,5	20	0,228	6,58	9,87	0,08
Caja generador -> Inversor	Cobre	1,71E-08	6	20	0,057	26,32	39,49	0,31
Inversor -> Red distribución	Cobre	1,71E-08	10	50	0,0855	28,86	71,21	0,56
<b>Total pérdidas</b>							<b>120,57</b>	<b>0,95</b>

Por tanto, como se observa en la tabla anterior, el porcentaje de pérdidas por efecto Joule será del **0,95 %**

- **Perdidas por sombreamiento, suciedad o polvo:** Estas pérdidas se producen cuando hay un obstáculo que impide el paso de la radiación hacia el módulo fotovoltaico. Esto produce que algunas células no puedan producir tanto como lo esperado o incluso no producir. Si ocurre este último caso, podría darse el problema del punto caliente. Este problema se produce cuando una célula deja de producir debido a suciedades o sombras. Así pues, ésta no deja solo de producir energía, sino que también empieza a consumir elevando su temperatura que en casos extremos puede llegar a dañar y romper la propia célula. En la Ilustración 72 se puede observar un ejemplo de este fenómeno. Así pues, para evitar este efecto, se suelen colocar unos diodos de paso en cada célula de tal forma que, si ésta empieza a consumir, el diodo deje pasar la corriente y no se produzca este aumento de temperatura. Así pues, un valor habitual para modelizar estas pérdidas es  $P_{\text{Som,suc}} = 4\%$ .

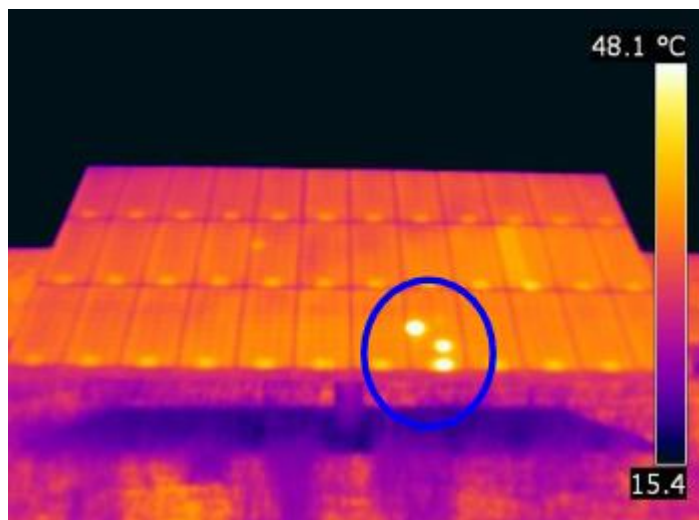


Ilustración 74: Efecto del punto caliente en un módulo fotovoltaico

- **Pérdidas por dispersión (mismatch losses):** Estas pérdidas vienen provocadas por la dispersión en los parámetros de los módulos fotovoltaicos en el proceso de fabricación. Esto se produce debido a que es prácticamente imposible crear dos módulos exactamente iguales. Por tanto, la intensidad de una rama del generador fotovoltaico será la correspondiente a la del módulo que posea una más baja o

más restrictiva. Así como la tensión del generador será la más baja o restrictiva de las diferentes ramas.

A continuación, se presenta una ilustración que representa con exactitud las dos últimas pérdidas anteriormente expuestas:

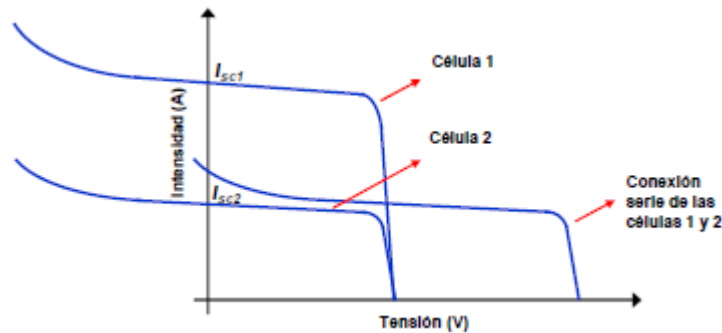


Ilustración 75: Interconexión de dos módulos fotovoltaicos.

Como se observa en la ilustración anterior, la unión de dos células o módulos solares en serie, pero una produciendo menos que otra, produce una disminución de la corriente total resultante, ajustándose siempre a la más restrictiva. Como ya se ha citado, este tipo de pérdidas pueden darse tanto como pérdidas por dispersión, como por pérdidas de sombreado, suciedad o polvo. Un valor común para modelizar este tipo de pérdidas es un **2%**.

- **Pérdidas por temperatura:** El silicio del que están compuestas las células solares, presentan una degradación con la temperatura. Esto quiere decir que estas células presentarán una disminución de la producción energética conforme aumente la temperatura de las mismas. Esto es un aspecto interesante ya que la zona de emplazamiento es un factor clave a la hora del diseño de un sistema fotovoltaico ya que no producirá la misma energía un módulo situado en una zona fría que en una zona caliente, que, igualdad de irradiancia producirá una mayor energía el módulo situado en la zona fría. Así pues, estas pérdidas se pueden calcular de la siguiente manera

$$P_T = g * (T_{célula} - 25) \quad (Ec. 6)$$

Donde:

- $g$ : Coeficiente de temperatura de potencia. Este coeficiente es que viene indicado en el apartado de la descripción de los parámetros del módulo fotovoltaico. Los fabricantes suelen ofrecerlo como  $\%/^{\circ}\text{C}$ . Para el caso del módulo escogido, posee  $g = 0,27\%/^{\circ}\text{C}$ .
- $T_{\text{célula}}$ : Es la temperatura de la propia superficie de la célula en  $^{\circ}\text{C}$ , puede verse afectada por multitud de factores como: el material de protección del módulo, la climatología, la transmisión de calor por convección al viento... Así pues, se puede aproximar esta temperatura con la siguiente ecuación:

$$T_{\text{célula}} = \frac{G}{800}(TONC - 20^{\circ}\text{C}) + T_{\text{ambiente}} \quad (\text{Ec. 7})$$

Donde:

- $G$ : Irradiancia media de operación del módulo en  $\text{W}/\text{m}^2$
- $TONC$ : Temperatura de operación nominal de la célula en  $^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{ambiente}}$ : Temperatura ambiente en  $^{\circ}\text{C}$

Si se considera una temperatura ambiente media durante el año de  $20^{\circ}\text{C}$  y una irradiancia media de  $500 \text{ W}/\text{m}^2$ , se obtiene que:

$$T_{\text{célula}} = \frac{G}{800}(TONC - 20^{\circ}\text{C}) + T_{\text{ambiente}} = \frac{500}{800} * (41,5 - 20) + 20 = 33,43^{\circ}\text{C}$$

$$P_T = g * (T_{\text{célula}} - 25) = 0,27 * (33,43 - 25) = 2,27 \%$$

Por tanto, se obtienen unas pérdidas medias por efecto de la temperatura de un **2,27 %**.



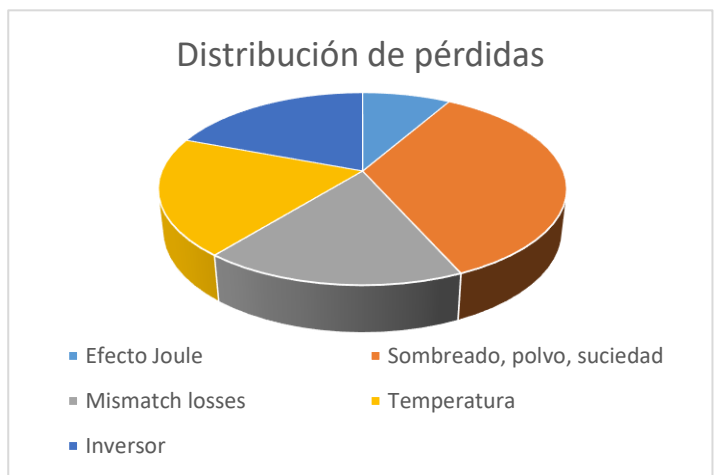
- **Pérdidas por el rendimiento del inversor:** El inversor no puede transformar íntegramente toda la potencia que entra a él de corriente alterna a corriente continua, sino que presenta unas pérdidas. Éstas vienen reflejadas en el rendimiento del inversor el cual se muestra en las hojas de características del mismo. En los inversores, el **rendimiento** siempre suele ser **superior al 90%**. En el inversor escogido, el rendimiento es de 97,8 % por lo que se obtienen unas pérdidas de **2,2%**

También existen otro tipo de pérdidas, pero debido a su valor tan pequeño en comparación con los explicados anteriormente, se despreciarán en los cálculos.

Como resumen, se recogen todos los valores obtenidos:

Tabla 29: Distribución de pérdidas

Tipo de pérdida	Porcentaje (%)
Efecto Joule	0,95
Sombreado, polvo, suciedad	4
Mismatch losses	2
Temperatura	2,27
Inversor	2,2



Gráfica 20: Distribución de pérdidas

Como se observa, la mayor parte de las pérdidas se producen debido al sombreado, polvo o suciedad, por lo que será crucial tener este aspecto en cuenta.

### 11.3. Dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

A continuación, se realizará el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, especificando claramente el tipo de elemento que se va a utilizar, así como una justificación de su implantación, disposición y parámetros resultantes.

#### 11.3.1. Emplazamiento.

Como ya se ha citado anteriormente, el emplazamiento se encuentra en la cubierta del edificio objeto de esta auditoría. Los datos constructivos de este inmueble se pueden encontrar en el apartado Emplazamiento de este trabajo. Sin embargo, se resaltaré un aspecto fundamental para este estudio el cual es la **latitud** con un valor de **42° 48' 50.5" Norte**.

La cubierta se encuentra en el punto más alto del edificio, a una altura de unos **21 m**. Ésta cubierta posee las siguientes medidas: **21,52 x 21,6 m**, sin embargo, posee una especie de chaflán en la unión de las caras sur-oeste y sur-este de un tamaño de **4,34 m**. Por tanto, posee una superficie de 460,31 m<sup>2</sup> Un croquis de la cubierta del edificio puede ser el siguiente:



Ilustración 76: Medidas del edificio

No obstante, esta superficie no representa en su totalidad una superficie disponible, sino que hay presentes varios obstáculos que imposibilitan la introducción de paneles fotovoltaicos. Así pues, se ha decidido tomar la superficie que se muestra a continuación:

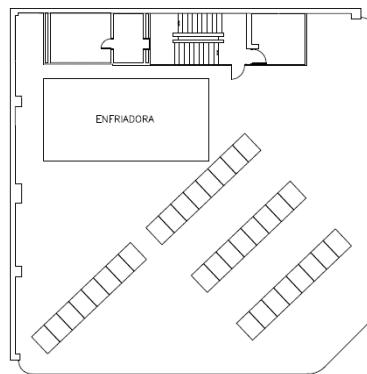
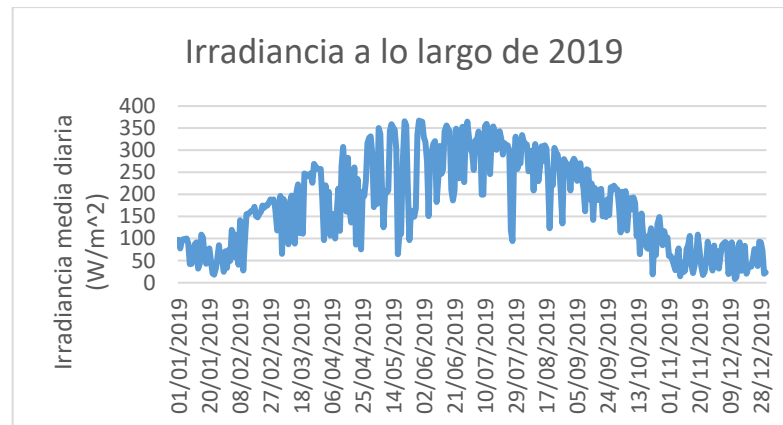


Ilustración 77: Disposición de los módulos

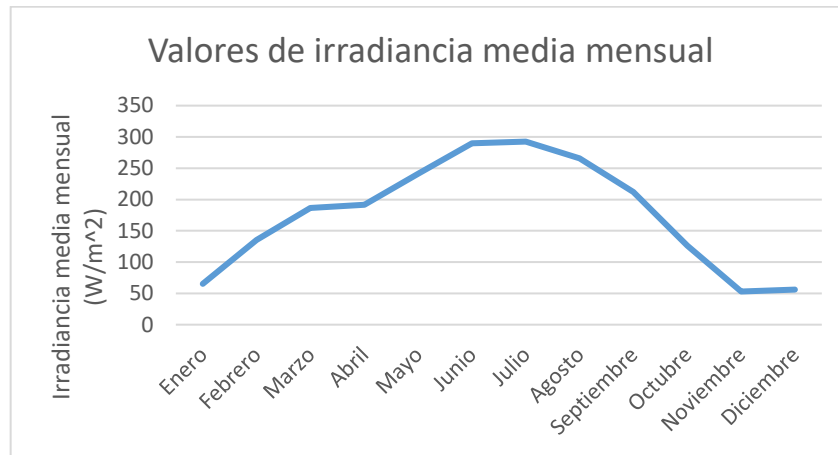
### 11.3.2. Irradiancia y consumos energéticos

Para este estudio, se tomarán los valores de irradiación media en el año modelo y se compararán con el consumo de ese mismo año (2019). Los valores de irradiación media, como ya se ha citado al final del apartado de Antecedentes se han obtenido a través de la web de **Meteo Navarra**, en la estación de Pamplona GN. Los datos obtenidos muestran la siguiente curva de irradiación:



Gráfica 21: Curva de irradiación en 2019

Como se observa en la gráfica 1, el periodo con más irradiación es el verano, alcanzando el pico entorno al mes de julio. Hay presentes también unos picos que corresponden a días que, dentro de ese periodo, ha habido más o menos irradiación que lo habitual, debido a que el cielo habrá estado más nublado o despejado que lo que es común para ese periodo del año entre otros factores. Así pues, si se realiza una media mensual de estos valores, se obtiene la siguiente gráfica:



Gráfica 22: Curva de irradiancia media en 2019

Por tanto, para conocer la energía solar que incide sobre el panel, solo haría falta multiplicar la irradiancia media diaria por las 24 horas de las que se compone un día. Si se realiza este cálculo, se obtienen los siguientes datos:

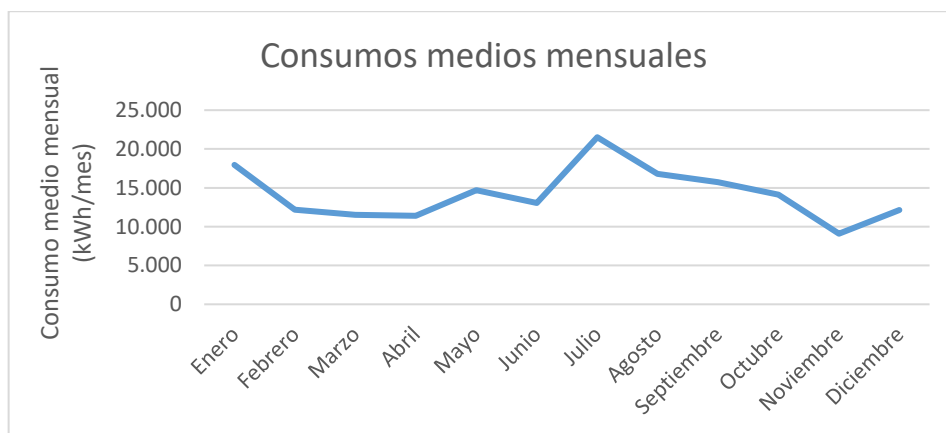
Tabla 30: Datos de irradiancia y radiación solar 2019

Mes	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Radiación solar media diaria (kWh/m <sup>2</sup> )
Enero	65,5	1,572
Febrero	135,2	3,245
Marzo	186,5	4,476
Abril	191,8	4,603
Mayo	241,3	5,791
Junio	289,8	6,955
Julio	292,6	7,022
Agosto	265,9	6,382
Septiembre	211,8	5,083
Octubre	125,9	3,022
Noviembre	53	1,272
Diciembre	55,9	1,342

Por otro lado, se conocen los consumos mensuales que ha tenido el inmueble (Puntos de suministro de sótano y edificio juntos). Estos datos se han obtenido a través del Sistema de Información Energética (SIE) del Gobierno de Navarra. Así pues, se obtienen los siguientes datos de consumo:

Tabla 31: Datos de consumo del inmueble.

Mes	Consumo eléctrico mensual (kWh/mes)	Promedio consumo diario (kWh/día)
Enero	17.971	579,71
Febrero	12.165	434,46
Marzo	11.526	371,81
Abril	11.390	379,67
Mayo	14.678	473,48
Junio	13.039	434,63
Julio	21.519	694,16
Agosto	16.819	542,55
Septiembre	15.721	524,03
Octubre	14.104	454,97
Noviembre	9.093	303,1
Diciembre	12.142	391,68
<b>TOTAL</b>	<b>170.167</b>	



Gráfica 23: Curva de consumo medio mensual en 2019

Como se observa, la época de mayor consumo es entorno a los meses de julio y agosto. Este aspecto puede ser debido a la utilización de la bomba de calor o los aires acondicionados lo que suponen grandes fuentes de consumo. Así pues, el diseño del sistema fotovoltaico estará dirigido a una mayor producción en estos meses de verano.

### 11.3.3. Generador fotovoltaico

El generador fotovoltaico se define como el conjunto de módulos fotovoltaicos. Por ello, para realizar el dimensionamiento de este generador, se deberá estudiar la mejor disposición para los módulos.

Debido a la superficie disponible, se colocarán **8 módulos en serie y 4 ramas de módulos en paralelo**, con un total de **32 módulos**. Así pues, se obtiene una configuración como la que se muestra a continuación:

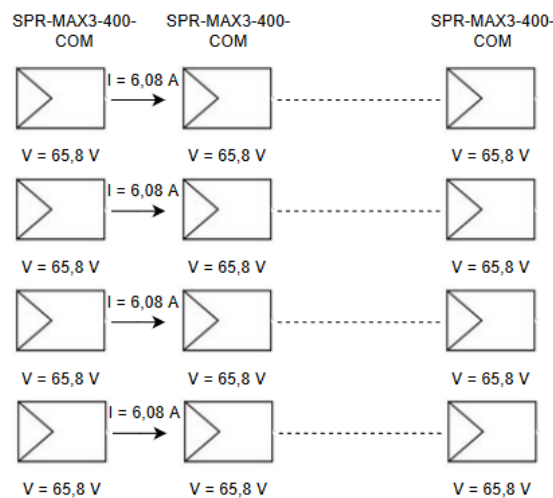


Ilustración 78: Esquema configuración del generador fotovoltaico

Cabe destacar que los módulos ya han sido escogidos con anterioridad en el apartado anterior. A continuación, se detallará la mejor configuración para cada módulo. Para ello, se escogerá un módulo modelo cuya configuración se extenderá al resto de módulos.

- a) **Orientación e inclinación:** Para conocer la orientación e inclinación óptimas para el módulo hay que tener en cuenta el entorno donde se situará el generador fotovoltaico. Estos dos parámetros son muy importantes, ya que como se ha citado antes, la estructura de soporte es fija, y, por tanto, se deberá escoger la posición de los módulos más adecuada para maximizar la producción.

Así pues, para definir la orientación, se hará uso del parámetro del ángulo de azimut o ángulo azimutal  $\alpha$ . El ángulo de azimut se define como el ángulo comprendido entre la proyección sobre la horizontal de la normal a la superficie del módulo y el

sur geográfico. Así pues, una orientación hacia el sur, le corresponderá un  $\alpha = 0^\circ$ , una orientación hacia el oeste un  $\alpha = 90^\circ$  y una orientación hacia el este  $\alpha = -90^\circ$ .

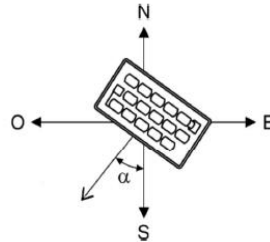


Ilustración 79: Definición de ángulo azimutal

Por tanto, según la localización, el módulo poseerá unas orientaciones preferentes. En el caso del emplazamiento de este estudio, se ha decidido que el **ángulo de azimut óptimo es  $\alpha=0^\circ$**  y, por tanto, estará **orientado totalmente al sur**.

Por otro lado, la inclinación del módulo o ángulo de inclinación se define como el ángulo que forma la superficie del módulo con el plano horizontal. Así pues, una superficie totalmente horizontal poseerá un ángulo de inclinación  $\beta=0^\circ$  y superficies totalmente verticales poseerán un ángulo de inclinación  $\beta=90^\circ$ .

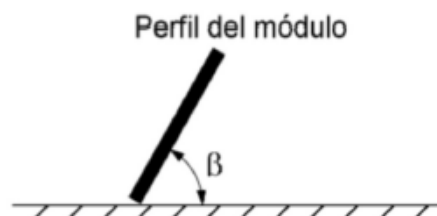


Ilustración 80: Definición de ángulo de inclinación

Se conoce que la inclinación óptima,  $\beta_{opt}$ , sigue la siguiente expresión, dependiente de la latitud:

$$\beta_{opt} = \text{Latitud} + k \quad (\text{Ec. 8})$$

Donde k puede tomar dos posibles valores:

- $k = +10^\circ$  en invierno
- $k = -10^\circ$  en verano

Así pues, la  $\beta_{opt} = 42^\circ - 10^\circ = 32^\circ$ . Se ha escogido una  $k = -10^\circ$  ya que como se ha citado anteriormente, en verano se suceden los meses de mayor consumo, por lo que es interesante que estos meses sean a su vez los meses de mayor generación.

Por tanto, los valores de  $\alpha$  y  $\beta$  de los módulos serán:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$\beta = 32^\circ$$

- b) Distancia entre módulos:** Este aspecto es de suma importancia ya que como se ha citado anteriormente, la aparición de sombras sobre la superficie del panel provoca una disminución considerable de la generación energética. Por tanto, hay que asegurar la no aparición de sombras en los módulos mediante la disposición de los mismos con una distancia lo suficientemente grande para evitar la aparición de éstas.

Para el cálculo de esta distancia, se hace uso de lo dispuesto en el PCTICR del IDAE, el cual establece la siguiente relación:

$$d = \frac{h}{\text{tg}(61 - \text{latitud})} \quad (\text{Ec. 9})$$

En el siguiente esquema se observa con claridad a qué parámetros se refieren los términos de la ecuación

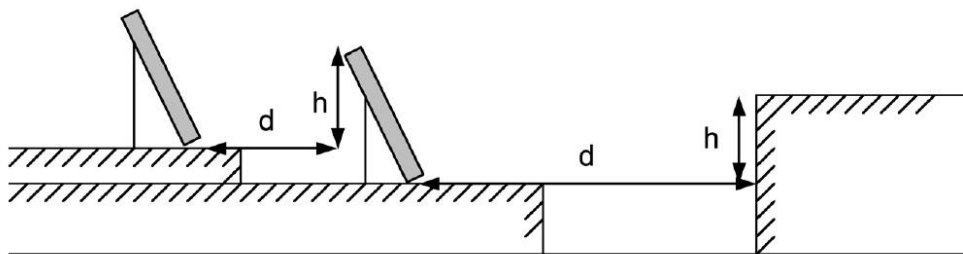


Ilustración 81: Esquema distribución módulos

Así pues, se tiene en cuenta que el módulo tiene unas dimensiones de **1690 x 1046**



mm. Si a su vez, se tiene en cuenta que los paneles se dispondrán de manera vertical la distancia entre módulos se calculará como:

$$h = 1,690 * \text{sen}(32) = 0,8955 \text{ m}$$

$$d = \frac{0,8955}{\text{tg}(61 - 42)} = 2,6 \text{ m}$$

Por tanto, **la distancia entre módulos será de 2,6 m**. Sin embargo, hay que tener en cuenta que la primera fila de módulos presentará una sombra diferente al resto. Concretamente la de la elevación de 1 m presente en el borde de la cubierta. Así pues, para el cálculo de la distancia entre la elevación y la primera fila de módulos se tomará  $h=1$  y se realizará la misma operación que antes:

$$d = \frac{1}{\text{tg}(61 - 42)} = 2,90 \text{ m}$$

Por tanto, la distancia entre módulos y saliente será de **2,90 m**.

Así pues, una vez distribuidos los módulos, se realiza el cálculo de la potencia de la instalación:

Los módulos se distribuirán siguiendo el modelo indicado en la Ilustración 78. Por tanto:

$$V_{rama} = V_{módulo} * n^{\circ} \text{modulos} = 65,8 * 8 = 526,4 \text{ V}$$

$$I_{generador} = I_{rama} * n^{\circ} \text{ramas} = 6,08 * 4 = 24,32 \text{ A}$$

Donde:

$$V_{módulo} = V_M; I_{rama} = I_M$$

Así pues, la potencia pico del generador será:

$$P_{\text{generador}} = V_{\text{rama}} * I_{\text{generador}} = 526,4 * 24,32 = 12802 \text{ W} = 12,8 \text{ kW}$$

Por tanto, con la disposición de los módulos presentada, se obtiene una potencia pico del generador fotovoltaico de **12,8 kW**.

#### 11.3.4. Inversor

Para la elección del inversor hay que tener en cuenta la gran importancia de los parámetros de entrada del mismo, las cuales son la tensión y la intensidad provenientes del generador fotovoltaico.

Sin embargo, estos parámetros no serán constantes a lo largo del año, sino que como ya se ha visto antes, la producción de un módulo fotovoltaico va a depender de la temperatura y la irradiancia. Estos parámetros varían mucho a lo largo del año, siendo mínimos en invierno y máximos en verano. Así pues, para conocer los valores límite de las tensiones e intensidades de entrada al inversor, hay que realizar los cálculos oportunos mediante la Ecuación 7 y las siguientes ecuaciones:

$$V_{(T)} = V_{(25^{\circ}\text{C})} + (T - 25^{\circ}\text{C}) * \Delta V \quad (\text{Ec. 10})$$

$$I_{(T)} = I_{(25^{\circ}\text{C})} + (T - 25^{\circ}\text{C}) * \Delta I \quad (\text{Ec. 11})$$

Donde:

- $V_{(T)}$ ,  $I_{(T)}$ : Tensión e intensidad correspondientes a una cierta temperatura T
- $V_{(25^{\circ}\text{C})}$ ,  $I_{(25^{\circ}\text{C})}$ : Tensión e intensidad correspondientes a una temperatura T = 25°C (CEM)
- T: Temperatura en °C
- $\Delta V$ ,  $\Delta I$ : Son los coeficientes de variación de voltaje e intensidad debido a la temperatura que se presentan en las hojas de características.

Así pues, considerando estas 3 ecuaciones se procede al cálculo de los valores límite de tensión e intensidad.

Se suponen unos valores de referencia de temperaturas máximas y mínimas e irradiancias máximas y mínimas que se producirían en verano e invierno respectivamente. Los valores supuestos se exponen en la siguiente tabla:

Tabla 32: Datos de temperatura e irradiancia considerados en el cálculo de parámetros del inversor

	Temperatura (°C)	Irradiancia (W/m <sup>2</sup> )
<b>Verano</b>	40	1050
<b>Invierno</b>	-2	200

Se calculan las temperaturas de los módulos tanto en invierno como en verano con la Ecuación 7 (Se considera un TONC de 41,5 °C):

$$T_{p,inv} = T_{amb} + \frac{TONC - 20}{800} * G = -2 + \frac{41,5 - 20}{800} * 200 = \mathbf{3,375\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

$$T_{p,ver} = T_{amb} + \frac{TONC - 20}{800} * G = 40 + \frac{41,5 - 20}{800} * 1050 = \mathbf{68,21\text{ }^{\circ}\text{C}}$$

Por tanto, se obtienen las temperaturas de los paneles de los módulos tanto en verano como en invierno. A continuación, utilizando las ecuaciones 13 y 14 se calcula la tensión en vacío y la intensidad de cortocircuito límites correspondientes a verano e invierno. En este cálculo, se han tomado los valores de

$$V_{OC(3,375^{\circ}\text{C})} = V_{OC(25^{\circ}\text{C})} + (3,375 - 25^{\circ}\text{C}) * \Delta V = 75,6 + (3,375 - 25) * (-0,236)$$

$$\mathbf{V_{OC(3,375^{\circ}\text{C})} = 80,70\text{ V}}$$

$$V_{OC,gen(3,375^{\circ}\text{C})} = V_{OC(3,375^{\circ}\text{C})} * n^{\circ} \frac{\text{módulos}}{\text{rama}} = 80,70 * 8$$

$$\mathbf{V_{OC,gen(3,375^{\circ}\text{C})} = 645,628\text{ V}}$$

$$V_{OC(68,21^{\circ}\text{C})} = V_{OC(25^{\circ}\text{C})} + (68,21 - 25^{\circ}\text{C}) * \Delta V = 75,6 + (68,21 - 25) * (-0,236)$$

$$\mathbf{V_{OC(68,21^{\circ}\text{C})} = 65,40\text{ V}}$$

$$V_{OC,gen(68,21^{\circ}C)} = V_{OC(68,21^{\circ}C)} * n^{\circ} \frac{\text{módulos}}{\text{rama}} = 65,40 * 8$$

$$V_{OC,gen(68,21^{\circ}C)} = \mathbf{523,2 V}$$

$$I_{SC(3,375^{\circ}C)} = I_{SC(25^{\circ}C)} + (3,375 - 25^{\circ}C) * \Delta I = 6,58 + (3,375 - 25) * (0,058)$$

$$I_{SC(3,375^{\circ}C)} = \mathbf{5,326 A}$$

$$I_{SC,gen(3,375^{\circ}C)} = I_{SC(3,375^{\circ}C)} * n^{\circ} \text{ de ramas} = 5,326 * 4$$

$$I_{SC,gen(3,375^{\circ}C)} = \mathbf{21,304 A}$$

$$I_{SC(68,21^{\circ}C)} = I_{SC(25^{\circ}C)} + (68,21 - 25^{\circ}C) * \Delta I = 6,58 + (68,21 - 25) * (0,058)$$

$$I_{SC(68,21^{\circ}C)} = \mathbf{9,086 A}$$

$$I_{SC,gen(68,21^{\circ}C)} = I_{SC(68,21^{\circ}C)} * n^{\circ} \text{ ramas} = 9,086 * 4$$

$$I_{SC,gen(68,21^{\circ}C)} = \mathbf{36,34 A}$$

Por otro lado, para el cálculo de la tensión de máxima potencia, hay que tener en cuenta que el coeficiente de variación de la tensión con la temperatura ya no va a ser el que se ha ido utilizando, sino que será el siguiente:

$$\Delta V_m = 0,76 * \Delta V_{OC} = 0,76 * (-0,236) = -0,17936 V/^{\circ}C$$

Por tanto, la tensión de máxima potencia tanto en invierno como de verano podrá ser calculada de la siguiente manera:

$$V_{M(3,375^{\circ}C)} = V_{M(25^{\circ}C)} + (3,375 - 25^{\circ}C) * \Delta V = 65,8 + (3,375 - 25) * (-0,17936)$$

$$V_{M(3,375^{\circ}C)} = \mathbf{69,68 V}$$

$$V_{M,gen(3,375^{\circ}C)} = V_{M(3,375^{\circ}C)} * n^{\circ} \text{ de } \frac{\text{módulos}}{\text{rama}} = 69,68 * 8$$

$$V_{M,gen(3,375^{\circ}C)} = \mathbf{557,44 V}$$

$$V_{M(68,21^{\circ}C)} = V_{M(25^{\circ}C)} + (68,21 - 25^{\circ}C) * \Delta V = 65,8 + (68,21 - 25) * (-0,17936)$$

$$V_{M(40^{\circ}C)} = \mathbf{58,05 V}$$

$$V_{M,gen(68,21^{\circ}C)} = V_{M(68,21^{\circ}C)} * n^{\circ} \text{ de } \frac{\text{módulos}}{\text{rama}} = 58,05 * 8$$

$$V_{M,gen(68,21^{\circ}C)} = 464,4 \text{ V}$$

Con todo esto, se recogen los datos obtenidos en la siguiente tabla de resultados:

	$V_{oc}$ (V)	$V_M$ (V)	$I_{sc}$ (A)
<b>Verano</b>	523,20	464,40	36,34
<b>Invierno</b>	645,63	557,44	21,30

Por tanto, se debe escoger un inversor que cumpla las exigencias impuestas anteriormente en cuanto a tensiones, intensidades y potencias máximas y mínimas admisibles.

Con todo esto, se ha escogido el **Fronius SYMO 15.0-3-M** con las siguientes características:

Tabla 33: Parámetros relevantes de Fronius SYMO 15.0-3-M

Máxima corriente de entrada	33 A/27 A
Máxima corriente de entrada total utilizada	51 A
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV	49,5 A/40,5 A
Mínima tensión de entrada	200 V
Tensión CC mínima de puesta en servicio	200 V
Tensión de entrada nominal	600 V
Máxima tensión de entrada	1000 V
Rango de tensión MPP	300 - 800 V
Máxima salida del generador FV	22,5 kWp
Potencia nominal CA	15000 W
Máxima potencia de salida	15000 VA
Máxima corriente de salida	21,7 A
Acoplamiento a la red	3-NPE 400 V/230 V o 3-NPE 380 V /220 V
Frecuencia	50/60 Hz
Coefficiente de distorsión no lineal	1,50%
Factor de potencia	0 - 1

Se ha escogido este inversor debido a que:

- Cumple el criterio de potencia ya que el generador está diseñado para suministrar una potencia de **12,8 kW**, mientras que el inversor puede trabajar con potencias hasta **22,5 kWp** muy por encima del valor sobre el que está diseñada la instalación, por lo que deja un margen de seguridad bastante aceptable.
- Cumple el criterio de tensión, ya que como se ha observado en los cálculos anteriores, la máxima tensión esperada, correspondiente a la situación más desfavorable es de **645,63 V** y tal y como se observa en la tabla 32, el rango de tensiones de trabajo es de **300 hasta 800 V**, pudiendo llegar hasta una tensión máxima de entrada de **1000V**. Por lo que los valores de tensión de entrada son acordes a los límites impuestos por el inversor, dejando un gran margen de seguridad.
- Cumple el criterio de intensidad, ya que la máxima corriente de cortocircuito que puede aceptar el inversor es de **49,5 A**, sin embargo, la corriente de cortocircuito máxima calculada con anterioridad es de **36,34 A**, por tanto, posee un amplio margen de seguridad. Además, la corriente de máxima potencia generada, y, por tanto, la corriente a la que se ha diseñado que trabajará el generador es de **24,32 A**, mientras que la máxima corriente de entrada admisible por el inversor es de **33 A**, por tanto, también se observa que existe un amplio margen de seguridad.
- Además, posee un amplio catálogo de ventajas como la conexión WLAN para la monitorización del inversor, seguimiento inteligente del punto de máxima potencia, alto índice de protección (IP 66, gran protección frente a polvo y agua) sin embargo, como el inversor se situará en una instalación interior, este aspecto no afecta tanto. También posee protecciones en continua, sobrecargas y cambios de polaridad y, además, cumple con toda la normativa vigente.

### 11.3.5. Soporte

Para la elección del soporte, se ha tenido en cuenta la disposición de los módulos (vertical u horizontal), además de la localización de estos módulos (cubierta plana) y la inclinación que estos tendrán (32°).

Con todo ello, se ha escogido **el soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana de la marca Sunfer** el cual es un soporte fijo, regulable de 25° a 35°. Por tanto, será posible que los módulos puedan adquirir la inclinación óptima calculada con anterioridad la cual es 32°.

Además, este soporte puede albergar en él módulos con dimensiones de hasta 2279x1150 mm. El panel escogido posee unas dimensiones de 1690x1046 mm, por lo que es posible usar este tipo de soporte.

Por otro lado, el soporte puede contener hasta 6 módulos, sin embargo, el diseño realizado son filas de 8 módulos. Por ello, se utilizará el kit de unión s15 de la misma marca para unir dos tipos de soportes: 1 soporte de 2 módulos y 1 soporte de 6 módulos para hacer un único soporte de 8 módulos.

Por todo esto, se ha decidido escoger **4 soportes para 6 módulos y 4 soportes para 2 módulos como los anteriormente citados, así como 4 kits de unión como los que se han citado en el párrafo anterior.**

### 11.3.6. Cableado

Las limitaciones en la elección y dimensionamiento del cableado de la instalación provienen fundamentalmente de dos factores: El criterio térmico causado por la intensidad que circula por el conductor y cuya potencia se disipa en forma de calor debido al efecto Joule (ver apartado de pérdidas), y después el criterio sobre la caída de tensión. Así pues, el cable debe cumplir lo dispuesto en la normativa como es:

- La corriente máxima admisible del cable debe ser superior a la corriente máxima o de cortocircuito que va a circular por él. Según lo dispuesto en el ITC 40 del REBT, esta corriente máxima admisible debe ser al menos 1,25 veces la corriente máxima que circulará por el cable
- La caída de tensión en el cable en el tramo de continua debe ser inferior al 1,5 % según lo dispuesto en el ITC 40 del REBT. Mientras que, en el tramo de alterna, esta caída máxima de tensión será del 2%.

Así pues, como ya se ha citado antes, se usarán conductores de **tipo 0,6/1 kV de cobre con aislamiento de PVC** debido a sus buenas prestaciones y bajo coste.

En la instalación hay presentes dos zonas bien diferenciadas como son la parte de continua y la parte de alterna. Por tanto, el dimensionamiento se realizará separando estas dos zonas y a su vez, los diferentes tramos de los que están compuestos:

- **Tramo de continua:**

La parte de continua de la instalación fotovoltaica a su vez está dividida en dos zonas bien diferenciadas: El tramo comprendido desde el módulo fotovoltaico hasta la caja de conexión del generador y desde ésta hasta el inversor.

Para dimensionar el cableado de este tramo hay que tener en cuenta que ni las caídas de tensión, ni las intensidades que circularán a través de los cables pueden superar un cierto valor, tal y como ya se ha explicado anteriormente. Así pues, a través de la siguiente igualdad, se calculará la sección mínima para que se cumpla el segundo criterio impuesto sobre caídas de tensión máximas admisibles.

$$S_{min,DC} = \frac{2 \cdot I_{m\acute{a}x} \cdot L}{c \cdot \Delta V} \quad (Ec. 12)$$

Donde:

- $I_{m\acute{a}x}$ : Es la máxima corriente esperada que circulará a través del cable en amperios. Esta corriente corresponderá a la situación donde los paneles generen una



corriente igual a la corriente de cortocircuito. Sin embargo, como se ha citado antes, esta corriente se multiplicará por un factor 1,25 para una mayor seguridad.

- L: Longitud del cable en metros.
- c: Conductividad del conductor. En el caso del cobre  $c = 56\text{m}/\Omega\cdot\text{mm}^2$ .
- $\Delta V$ : Caída de tensión máxima admisible en V

Además de la restricción respecto a la caída de tensión también hay presente una restricción térmica como ya se ha citado anteriormente. Para el diseño realizado se tomarán los valores límites presentes en la tabla B.52.2 de UNE HD 60364-5-52:2011:

Tabla 34: Valores de corrientes máximas admisibles para tramo de continua. (UNE HD 60364-5-52:2011)

**Tabla B.52.2 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B. 52.1 – Cables aislados con PVC, dos conductores cargados, cobre o aluminio – Temperatura del conductor: 70 °C, temperatura ambiente: 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno**

Sección nominal del conductor $\text{mm}^2$	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	14,5	14	17,5	16,5	19,5	22	22
2,5	19,5	18,5	24	23	27	29	28
4	26	25	32	30	36	37	38
6	34	32	41	38	46	46	48
10	46	43	57	52	63	60	64
16	61	57	76	69	85	78	83
25	80	75	101	90	112	99	110
35	99	92	125	111	138	119	132
50	119	110	151	133	168	140	156
70	151	139	192	168	213	173	192
95	182	167	232	201	258	204	230
120	210	192	269	232	299	231	261
150	240	219	300	258	344	261	293
185	273	248	341	294	392	292	331
240	321	291	400	344	461	336	382
300	367	334	458	394	530	379	427

Como se observa, en la anterior tabla están presentes los valores de corrientes máximas admisibles para un cierto método de instalación y para una sección del conductor.

Sin embargo, estos valores de corriente están referidos a una temperatura de 30 °C. Por tanto, si se considera cualquier otra temperatura como la que se utilizará en los cálculos (40°), se hará uso de los factores de corrección presentes en la tabla B.52.14 de UNE HD 60364-5-52:2011:

Tabla 35: Factores de corrección a aplicar sobre las corrientes máximas admisibles para temperaturas ambiente diferentes a 30°C. Fte: UNE HD 60364-5-52:2011

Tabla B.52.14 – Factores de corrección para temperaturas ambiente diferentes de 30 °C a aplicar a los valores de las corrientes admisibles para cables en el aire

Temperatura ambiente * °C	Aislamiento			
	PVC	XLPE y EPR	Mineral <sup>P</sup>	
			Cubierta de PVC o cable desnudo y accesible 70 °C	Cable desnudo e inaccesible 105 °C
10	1,22	1,15	1,26	1,14
15	1,17	1,12	1,20	1,11
20	1,12	1,08	1,14	1,07
25	1,06	1,04	1,07	1,04
30	1,00	1,00	1,00	1,00
35	0,94	0,96	0,93	0,96
40	0,87	0,91	0,85	0,92
45	0,79	0,87	0,78	0,88
50	0,71	0,82	0,67	0,84
55	0,61	0,76	0,57	0,80
60	0,50	0,71	0,45	0,75
65	–	0,65	–	0,70
70	–	0,58	–	0,65
75	–	0,50	–	0,60
80	–	0,41	–	0,54
85	–	–	–	0,47
90	–	–	–	0,40
95	–	–	–	0,32

\* Para temperaturas ambiente más elevadas, consultar al fabricante.

Posteriormente y con los resultados obtenidos tras la aplicación de la Ecuación 12 se escogerá la sección de cable normalizada que cumpla las dos restricciones ya expuestas.

Así pues, los cálculos se realizarán diferenciando claramente estas dos partes del tramo de continua.

- Módulo fotovoltaico -> Caja de conexión del generador.

Este tramo estará comprendido entre el final de cada serie de módulos fotovoltaicos y la caja de conexión del generador fotovoltaico.

Los datos son los siguientes:

- $I_{\text{máx}}$ : Corresponde a la corriente de cortocircuito que circulará por cada rama de módulos, multiplicada por el factor 1,25 anteriormente expuesto. ( $I_{\text{máx}}=6,58*1,25=8,225$  A)
- L: Corresponde al valor de longitud desde la rama más alejada de la caja de conexión del generador hasta este.  $L=20$  m
- $\Delta V$ : Caída de tensión máxima admisible. Como se ha citado anteriormente, este valor debe ser como máximo del 1,5% para el tramo

de continua. Si se considera que la tensión de funcionamiento de este cableado es la correspondiente a la tensión de máxima potencia:

$$\Delta V = 0,015 * V_M = 0,015 * 526,4 = 7,896 V$$

Si se utiliza la Ecuación 12:

$$S_{min,DC} = \frac{2 * I_{m\acute{a}x} * L}{c * \Delta V} = \frac{2 * 8,225 * 20}{56 * 7,896} = 0,744 \text{ mm}^2$$

Por tanto, la sección mínima necesaria para que se cumpla el criterio de caída de tensión es 0,744 mm<sup>2</sup>.

Atendiendo a la tabla 35 se considera que el método de instalación del cableado será el B1 (Conductores aislados (cables unipolares) en interior de tubos adosados en pared).

Se ha escogido este método de instalación ya que estos cables irán protegidos a través de canaletas. Éstas serán canaletas UNEX 66U23X junto con su tapa correspondiente (Tapa de PVC M1). Se ha escogido este tipo de canales debido a su alta protección ya que este cableado se situará a la intemperie.

Así pues, la sección inmediatamente superior a 0,744 mm<sup>2</sup> es 1,5 mm<sup>2</sup>. La intensidad máxima admisible para esa sección es de **17,5 A** para una temperatura de 30°C, sin embargo, para una temperatura extrema de 40° la intensidad máxima admisible será:  $I_{m\acute{a}x}=17,5*0,87=15,225 \text{ A}$ .

La intensidad máxima que circulará por ese cable será de 6,58 A, sin embargo, hay que tener en cuenta el factor de seguridad que se ha citado anteriormente (1,25). Por tanto, la intensidad a considerar será:  $I = 6,58*1,25= 8,225 \text{ A}$ .

Como se observa la corriente que se considera que puede circular por el cable es muy inferior a la máxima admisible, por lo que la sección escogida es válida.

$$S_{M \rightarrow C} = 1,5 \text{ mm}^2$$

- Caja de conexión del generador -> Inversor

Este tramo estará comprendido entre la caja de conexión del generador fotovoltaico y el inversor

Los datos son los siguientes:

- $I_{\text{máx}}$ : Corresponde a la corriente de cortocircuito del generador, considerada ésta como la suma de las cuatro intensidades parciales de cada rama, multiplicada por el factor 1,25 anteriormente expuesto. ( $I_{\text{máx}}=26,32*1,25= 32,9 \text{ A}$ )
- L: Corresponde a la longitud entre caja de conexión del generador y el inversor. L=20 m
- $\Delta V$ : Caída de tensión máxima admisible. Como se ha citado anteriormente, este valor debe ser como máximo del 1,5% para el tramo de continua. Si se considera que la tensión de funcionamiento de este cableado es la correspondiente a la tensión de máxima potencia:

$$\Delta V = 0,015 * V_M = 0,015 * 526,4 = 7,896 \text{ V}$$

Si se utiliza la Ecuación 12:

$$S_{\text{min,DC}} = \frac{2 * I_{\text{máx}} * L}{c * \Delta V} = \frac{2 * 32,9 * 20}{56 * 7,896} = 2,78 \text{ mm}^2$$

Por tanto, la sección mínima necesaria para que se cumpla el criterio de caída de tensión es **2,78 mm<sup>2</sup>**.

Atendiendo a la tabla 35 se considera que el método de instalación del cableado será el B1 (Conductores aislados (cables unipolares) en interior de tubos adosados en pared).

Así pues, la sección inmediatamente superior a  $2,78 \text{ mm}^2$  es  $4 \text{ mm}^2$ . La intensidad máxima admisible para esa sección es de **32 A** para una temperatura de  $30^\circ\text{C}$ , sin embargo, para una temperatura extrema de  $40^\circ$  la intensidad máxima admisible será:  $I_{\text{máx}}=32*0,87=$  **27,84 A**.

La intensidad máxima que circulará por ese cable será de 26,32 A, sin embargo, hay que tener en cuenta el factor de seguridad que se ha citado anteriormente (1,25). Por tanto, la intensidad a considerar será:  $I = 26,32* 1,25=$  **32,9 A**.

Como se observa, la intensidad considerada es superior a la máxima admisible, por lo que será necesario escoger un cableado de una sección superior. Por ello, se escoge una sección de  $6 \text{ mm}^2$  al cual le corresponde una intensidad máxima admisible de **41 A** para una temperatura de  $30^\circ\text{C}$ , sin embargo, para una temperatura extrema de  $40^\circ$  la intensidad máxima admisible será:  $I_{\text{máx}}=41*0,87=$  **35,67 A**. Este valor ya es superior a la corriente considerada así que se escoge este diámetro de cable.

$$S_{C \rightarrow I} = 6 \text{ mm}^2$$

- **Tramo de alterna:**

Este tramo está compuesto por una sola conexión entre inversor y red. En este caso, hay un cambio respecto a las consideraciones realizadas en el tramo de continua ya que la caída de tensión máxima admisible en éste nunca deberá superar el 2%. Además, se debe modificar la Ecuación 12, para adecuarla a corriente alterna.

Así pues, la igualdad se vería alterada de la siguiente manera:

$$S_{min,AC} = \frac{L * P}{c * \Delta U * U} \quad (Ec. 13)$$

Donde:

- P: Potencia activa del cableado (W). Para el caso de la instalación presentada en este trabajo, la potencia activa corresponderá a la potencia máxima que puede dar el inversor. Se escoge esta potencia para asegurar que, aunque haya un sobre pico de potencia, el conductor siga cumpliendo las especificaciones impuestas. (**P = 20000 W**).
- U: Tensión de línea (V). Para el caso de la instalación presentada en el trabajo, la tensión de línea corresponderá a la misma generada por el inversor (**U = 400 V**).
- ΔU: Caída de tensión de línea (V) (**ΔU=0,02\*400 = 8 V**)
- L: Longitud de cableado (**L=50 m**).
- c: Conductividad del conductor. En el caso del cobre **c = 56m/Ω\*mm2**.

Por tanto, si se realiza el cálculo de la sección con dicha igualdad:








$$S_{min,AC} = \frac{L * P}{c * \Delta U * U} = \frac{50 * 20000}{56 * 8 * 400} = 5,58 \text{ mm}^2$$

Por tanto, la sección mínima para que el cableado cumpla el criterio de caída de tensión es **5,58 mm<sup>2</sup>**.

Pero como se ha realizado anteriormente, este no es el único aspecto restrictivo, sino que también existe el criterio térmico en cuanto a intensidad máxima admisible se refiere. Así pues, con la ayuda de la tabla B.52.4 presente en la UNE HD 60364-5-52:2011, se obtiene el valor de sección de cable normalizado con el cual se cumplen ambos criterios:

Tabla 36: Valores de corrientes máximas admisibles para tramo de continua. (UNE HD 60364-5-52:2011).

Tabla B.52.4 – Corrientes admisibles, en amperios, para los métodos de instalación de la tabla B.52.1 –  
Cables aislados con PVC, tres conductores cargados, cobre o aluminio –  
Temperatura del conductor: 70 °C, temperatura ambiente 30 °C en el aire, 20 °C en el terreno

Sección nominal del conductor mm <sup>2</sup>	Método de instalación de la tabla B.52.1						
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2
							
1	2	3	4	5	6	7	8
Cobre							
1,5	13,5	13	15,5	15	17,5	18	19
2,5	18	17,5	21	20	24	24	24
4	24	23	28	27	32	30	33
6	31	29	36	34	41	38	41
10	42	39	50	46	57	50	54
16	56	52	68	62	76	64	70
25	73	68	89	80	96	82	92
35	89	83	110	99	119	98	110
50	108	99	134	118	144	116	130
70	136	125	171	149	184	143	162
95	164	150	207	179	223	169	193
120	188	172	239	206	259	192	220
150	216	196	262	225	299	217	246
185	245	223	296	255	341	243	278
240	286	261	346	297	403	280	320
300	328	298	394	339	464	316	359

La sección inmediatamente superior a la obtenida anteriormente es de 6 mm<sup>2</sup>. Sin embargo, se debe conocer la intensidad máxima que circulará por el cableado para conocer si, efectivamente, se cumple el criterio térmico:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos(\varphi)} \quad (\text{Ec. 14})$$

Donde:

- P: Potencia activa del cableado (W). Para el caso de la instalación presentada en este trabajo, la potencia activa corresponderá a la potencia máxima que puede dar el inversor. Se escoge esta potencia para asegurar que, aunque haya un sobre pico de potencia, el conductor siga cumpliendo las especificaciones impuestas. (**P = 20000 W**).
- U: Tensión de línea (V). Para el caso de la instalación presentada en el trabajo, la tensión de línea corresponderá a la misma generada por el inversor (**U = 400 V**).

- Cos ( $\phi$ ): Factor de potencia: Se considera, tal y como se muestra en el PCTICR del IDAE, que este factor tiene un valor de **1**.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos(\varphi)} = \frac{20000}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 28,86 \text{ A}$$

Por tanto, la intensidad máxima que podrá circular por el cable es de 28,86 A. Sin embargo, como se ha realizado anteriormente, se multiplicará esta corriente por un factor de seguridad con valor 1,25, obteniéndose así, una corriente máxima considerada de **36,075 A**.

El método de instalación escogido es el **D1** (Cables conductores en el interior de tubos enterrados).

Con este método, se obtiene que una sección de 6 mm<sup>2</sup> posee una intensidad máxima admisible superior a la considerada. Sin embargo, el intervalo entre estos dos valores es muy pequeño, por tanto, se escoge una sección superior como es la de **10 mm<sup>2</sup>**.

Este cambio se ha realizado debido a que los valores de la tabla 36 corresponden a unas intensidades a una cierta temperatura del terreno y disposición. Sin embargo, si estos parámetros cambian, la intensidad máxima admisible podría disminuir hasta tal punto que la tolerancia que se presentaba no fuese suficiente. Así pues, se escoge una sección superior para asegurar el correcto funcionamiento del cableado.

$$S_{I \rightarrow R} = 10 \text{ mm}^2$$

Si se recogen todos los valores obtenidos en una tabla resumen:

Tabla 37: Tabla resumen secciones de cableado

Tramo	Sección del cableado
Módulos -> Caja de conexión del generador	1,5 mm <sup>2</sup>
Caja de conexión del generador -> Inversor	6 mm <sup>2</sup>
Inversor -> Red de distribución	10 mm <sup>2</sup>



### 11.3.7. Puesta a tierra

Tal y como se ha citado anteriormente, para una protección frente a contactos indirectos y otros posibles peligros que puede originar la instalación, es necesario la instalación de una puesta a tierra según lo descrito en el ITC 18 del REBT.

En la Ilustración 73, se puede observar que la instalación de puesta a tierra está compuesta fundamentalmente por 4 elementos:

- Toma a tierra: Son barras, tubos o pletinas que se encuentran en contacto directo con el terreno. La función de este elemento es inyectar al terreno la posible corriente que pueda circular a través de los cables de la instalación de puesta a tierra. Para el caso de este proyecto, **se utilizarán las tomas a tierras ya existentes en el inmueble.**
- Conductores de tierra: Son conductores que unen la toma a tierra con los bornes de puesta a tierra. Estos conductores deberán satisfacer lo dispuesto en el punto 3.2 del ITC 18. Sin embargo, para el caso de este proyecto, **se utilizarán los conductores de tierra ya existentes en el inmueble.**
- Bornes de puesta a tierra: Unión de conductores de puesta a tierra, de protección, de unión equipotencial y de puesta a tierra funcional, si fuese necesario. Para el caso de este proyecto, **se utilizarán los bornes de puesta a tierra ya existentes en el inmueble.**
- Conductores de protección: Conductores que unen las masas de los elementos conductores con los bornes de puesta a tierra. Su dimensionamiento se realizará a continuación:

Según lo dispuesto en el punto 3.4 del ITC 18 del REBT, los tramos de la instalación con una sección de conductor de fase menor o igual a  $16 \text{ mm}^2$ , deberá poseer una sección mínima de conductores de protección de igual sección. Además, estos conductores deberán estar fabricados con el mismo material que los conductores activos (**cobre**) y estarán alojados en la misma canalización utilizada que éstos.

Así pues, los conductores de protección que se usarán en esta instalación serán:

Tabla 38: Tabla resumen secciones de cableado de protección

Tramo	Sección del cableado activo	Sección de cableado de protección
Módulos -> Caja de conexión del generador	1,5 mm <sup>2</sup>	1,5 mm <sup>2</sup>
Caja de conexión del generador -> Inversor	6 mm <sup>2</sup>	6 mm <sup>2</sup>
Inversor -> Red de distribución	10 mm <sup>2</sup>	10 mm <sup>2</sup>

### 11.3.8. Protecciones

Para el dimensionamiento de este apartado, es necesario discernir, como se ha realizado antes, entre el tramo de continua y de alterna ya que sus propiedades y las de las propias protecciones van a diferir mucho de un caso a otro. Esto es debido fundamentalmente a la mayor facilidad que tiene la corriente alterna de desaparecer en contrapartida a la corriente continua. Este efecto se produce debido a que la corriente alterna posee un perfil de onda, la cual está pasando continuamente por el 0 A y, por tanto, apareciendo y desapareciendo. Sin embargo, con la corriente continua no ocurre este efecto ya que, ésta posee un cierto valor que, para volverse nulo, debe transcurrir un cierto tiempo para evitar posibles picos de sobretensión.

Así pues, las protecciones se dividirán en:

- **Tramo de continua:** Como ya se ha citado antes, el tramo más importante y crítico debido a la dificultad que tiene la corriente continua de volverse nula. Tal y como se ha realizado con el apartado de cableado, este tramo se dividirá en dos partes:
  - **Módulos solares -> Caja de conexión del generador:**

Para este “subtramo” será fundamental el uso de tres protecciones. Para las sobreintensidades (fusibles), para picos de sobretensiones (descargadores) y para aislar los módulos en caso que fuese necesario (interruptor/seccionador). Por tanto, se empieza dimensionando el primero de ellos:

- **Fusibles:** Los fusibles son los encargados de abrir el circuito en caso de producirse una sobre corriente. Están compuestos por un hilo conductor que se quema en caso de superar una cierta intensidad abriendo así el circuito.

Los fusibles que se usarán serán de tipo gG, es decir de uso general para aplicaciones generales.

Se colocarán 2 de ellos en cada ramal de módulos, uno por cada polaridad. Así pues, la elección de estos fusibles se realizará teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (\text{Ec. 15})$$

$$I_F \leq 1,45 * I_Z \quad (\text{Ec. 16})$$

Donde:

- $I_B$ : Corriente de utilización. Es la corriente que se espera que circule por el elemento de protección.
- $I_N$ : Corriente nominal del fusible
- $I_Z$ : Es la corriente máxima del circuito que se quiere proteger. En el caso de esta instalación será la corriente máxima admisible del conductor que se ha podido observar en el apartado de dimensionamiento del cableado.
- $I_F$ : Corriente convencional de fusión. Es la corriente que garantiza el funcionamiento efectivo de la protección. Su valor viene recogido en la siguiente tabla.

Tabla 39: Valores de corriente convencional de fusión

$I_n$ (A)	Tiempo convencional (h)	$k$ Corriente convencional de fusión
$I_n \leq 4$	1	$2,1 I_n$
$4 < I_n \leq 16$	1	$1,9 I_n$
$16 < I_n \leq 63$	1	$1,6 I_n$
$63 < I_n \leq 160$	2	$1,6 I_n$
$160 < I_n \leq 400$	3	$1,6 I_n$
$400 < I_n$	4	$1,6 I_n$

Así pues, si se realizan los cálculos y considerando que  $I_B = I_M = 6,58 \text{ A}$  e  $I_Z$  la corriente máxima admisible calculada en este tramo en el apartado de cableado:  $I_Z = I_{\text{máx,adm}} = 15,225 \text{ A}$ , así como  $I_F = 1,9 I_N$ .

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 6,58 \text{ A} \leq I_N \leq 15,225 \text{ A} \rightarrow I_N = 10 \text{ A}$$

$$1,9 * I_N \leq 1,45 * I_Z \rightarrow 1,9 * 10 \leq 1,45 * 15,225 \rightarrow 19 \text{ A} \leq 22,08 \text{ A}$$

Se ha escogido un valor de calibre de  $I_N = 10 \text{ A}$  ya que está dentro del intervalo permitido y además porque es un valor normalizado de fusibles.

- **Descargadores:** Los descargadores son los encargados de liberar los picos de sobretensión producidos por un fenómeno meteorológico a la tierra, para así proteger a los componentes aumentando la vida útil de los mismos. La función es la misma que la de un varistor, sin embargo, los descargadores poseen una tensión máxima en régimen permanente mayor. Por lo que debido a la alta tensión a la que estará funcionando, se seleccionará este tipo de protección.

Existen varios tipos de descargadores según los peligros a los que puede verse expuesta la instalación a causa de su localización. En el caso de la instalación expuesta en el trabajo se optará por un descargador de tipo II, el cual realiza las funciones de protección propias de este tipo de

protecciones, pero frente a descargas meteorológicas indirectas producidas a una determinada distancia de la instalación y que producen una sobretensión en ella.

Para ello hay que tener en cuenta la tensión máxima considerada que puede producir la rama de módulos, la cual ha sido calculada en el apartado del dimensionamiento del inversor con un valor de  $V_{\text{máx}} = 645,63 \text{ V}$ . Por ello, se ha escogido el descargador **DG YPV SCI 1000 de la compañía DEHN IBERICA** el cual posee una tensión en régimen permanente máxima de  $U_{\text{CPV}} = 1000 \text{ V}$ . Se colocará un descargador de este tipo por cada rama de módulos

- **Interruptor:** También se hará uso de un interruptor capaz de aislar los módulos. Esto se puede ser deseable debido a la necesidad que puede haber para realizar algún tipo de mantenimiento o limpieza.

Por ello, se colocará un interruptor por cada fila de módulos. El interruptor debe soportar las tensiones de vacío y las corrientes de cortocircuito más desfavorables ( $V_{\text{OC}} = 645,63 \text{ V}$  e  $I_{\text{SC}} = 36,34 \text{ A}$ ), por ello se ha seleccionado el interruptor **SIRCO MC PV IEC 60947-3**, capaz de soportar tensiones hasta  $1000 \text{ V}$  y corrientes hasta  $40 \text{ A}$ .

Así pues, todos estos elementos estarán incorporados en la caja de conexión del generador. A esta caja llegarán 8 cables de  $1,5 \text{ mm}^2$  (4 de polaridad positiva y 4 de polaridad negativa) y saldrán 2 únicos cables de  $6 \text{ mm}^2$ . Para ello se utilizará la caja **MAS0403015R5 de la compañía Nvent Hoffman** junto al chasis modular **AC04030R5** de la misma marca.

- **Caja de conexión del generador -> Inversor:**

Para este tramo, solo será necesario la instalación de un magnetotérmico para proteger al inversor:

- **Magnetotérmico:** Este dispositivo protege frente a sobretensiones y cortocircuitos. Para su selección hay que tener en cuenta, entre otros aspectos el calibre o intensidad nominal, el poder de corte, la tensión nominal, número de polos y curva de disparo.

Por ello, primero se calculará el calibre de este dispositivo para su selección y posteriormente se observará si efectivamente el magnetotérmico seleccionado se adecua a las condiciones de trabajo.

Para calcular el calibre del dispositivo es necesario hacer uso de la Ecuación 15. Sin embargo, en este caso se presentan otros valores:  $I_B = I_M = 26,32 \text{ A}$  e  $I_Z$  la corriente máxima admisible calculada en este tramo en el apartado de cableado:  $I_Z = I_{\text{máx,adm}} = 35,67 \text{ A}$ .

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 26,32 \text{ A} \leq I_N \leq 35,67 \text{ A} \rightarrow I_N = 32 \text{ A}$$

Así pues, se escoge un magnetotérmico de calibre 32 A. Se ha escogido este valor ya que es el único normalizado disponible para el intervalo expuesto. Por tanto, se escoge el **modelo de 32 A y 750 V DC de tres polos de la serie EPB-63M-DC Series Circuit Breaker de la marca Maxge** el cual posee un calibre de 32 A y una tensión de corte de 750 V, por encima de la tensión máxima que va a poder generar el generador fotovoltaico, además de un poder de corte de 6 kA.

#### - **Tramo de alterna**

Como se ha citado antes, en este tramo es el que une inversor y la red eléctrica, por tanto, es necesario es necesario colocar una serie de protecciones tal y como se cita en el Real Decreto 1699/2011, así como otras que serán impuestas por la distribuidora en este caso Iberdrola. Por ello, serán necesarias las siguientes protecciones.

- Una protección para que la frecuencia y tensión se encuentre siempre en el intervalo expuestos en la tabla 26. Estas protecciones ya vienen incorporadas en el propio inversor por lo que no será necesario colocar una protección extra.
- Interruptor general manual que proporcione el aislamiento requerido en el RD 614/2001, de 8 de junio. En este caso, se utilizará un magnetotérmico.
- Interruptor automático diferencial para la seguridad de las personas.

Además de este par de protecciones, se colocará unos fusibles en este tramo ya que algunas distribuidoras lo demandan, aunque IBERDROLA como empresa distribuidora no lo solicite.

- **Magnetotérmico:** Esta protección, al contrario que la que se encuentra en el tramo de continua, se utilizará como interruptor general manual para controlar la corriente alterna.

Para realizar los cálculos expuestos anteriormente, es necesario conocer la corriente de utilización  $I_B$  que va a circular a través de los cables. Así pues, se hará uso de la ecuación 14 considerando que la potencia será la de máxima potencia del generador.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos(\varphi)} = \frac{12800}{\sqrt{3} * 400 * 1} = 18,475 \text{ A}$$

Por tanto, si se utiliza la ecuación 15 anteriormente expuesta y considerando que  $I_Z$  es la correspondiente a este tramo, ya expuesta en el apartado de cableado:

$$I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 18,475 \text{ A} \leq I_N \leq 50 \text{ A} \rightarrow I_N = 25 \text{ A}$$

Se ha escogido este valor ya que, éste es uno el cual se encuentra dentro del intervalo permitido y además de ser un valor normalizado. Así pues, se escoge un magnetotérmico de calibre **25 A**.

Además, para la elección del magnetotérmico y según lo expuesto en el ITC BT 17, en el cual se expone que todos los interruptores automáticos que protegen contra sobrecargas y cortocircuitos los circuitos interiores tendrán que ser de CORTE OMNIPOLAR.

Por tanto, considerando todo lo expuesto anteriormente, se ha escogido utilizar el magnetotérmico **A9K24725 de la marca Schneider**.

- **Protección diferencial:** Esta protección es la encargada de proteger a las personas por posibles derivaciones por su cuerpo de la corriente de la instalación. Estas protecciones se basan en la suma de corrientes que circulan a través del cable que transcurren a través del diferencial. En caso de que todo esté funcionando correctamente, la suma de estas corrientes debe ser nulo o poseer un valor muy pequeño. En caso contrario, es decir que la diferencia entre estas corrientes exceda un cierto valor, llamado sensibilidad, la protección diferencial se activará y abrirá el circuito.

Por normativa, según el ITC BT 25, la protección diferencial que se utilizará en la instalación deberá tener una sensibilidad máxima de 30 mA. Además, como se ha deducido en la protección anterior, es necesaria una protección diferencial de calibre **25 A**.

Por todo ello, se ha escogido utilizar la protección diferencial tetrapolar de sensibilidad 30 mA y calibre 25 **Legrand TX3 4x25/30mA AC**.

- **Protección diferencial:**

Esta será la última protección antes del posible vertido a la red. Tal y como se ha realizado en el caso del tramo de continua, se calcula el calibre de los fusibles necesarios. Siguiendo los pasos realizados con anterioridad:



$$I_B \leq I_N \leq I_Z \rightarrow 18,475 A \leq I_N \leq 50 A \rightarrow I_N = 25 A$$

$$1,9 * I_N \leq 1,45 * I_Z \rightarrow 1,9 * 25 \leq 1,45 * 50 \rightarrow 47,5 A \leq 72,5 A$$

Por lo que se harán uso de **3 fusibles de calibre 25 A.**

## 11.4. Comparativa con simulador

En este apartado se realizará una simulación con la herramienta de modelización fotovoltaica PVGIS, herramienta reconocida por la unión europea.

Para realizar la simulación es necesario indicar una serie de valores como son los siguientes:

The screenshot shows the PVGIS interface with the following parameters and values:

- Base de datos de radiación solar\***: PVGIS-SARAH
- Tecnología FV\***: Silicio cristalino
- Potencia FV pico instalada [kWp]\***: 12.8
- Pérdidas sistema [%]\***: 4.42
- Opciones de montaje fijo**:
  - Posición de montaje\***: Posición libre
  - Inclinación [°]\***: 32
  - Azimut [°]\***: (value not fully visible)
  - Optimizar inclinación
  - Optimizar inclinación y azimut

Ilustración 82: Datos insertados en PVGIS

Como se observa, las pérdidas en el sistema son menores a las expuestas anteriormente, esto es debido a que esta herramienta ya considera algunas pérdidas en su análisis. Por ello, se eliminan con anterioridad para no considerarlas 2 veces.

La ficha que muestra la herramienta se puede observar en el **ANEXO V** donde se puede observar que la producción anual esperada (**19465.49 kWh**) es un poco inferior a la calculada (**20108,09 kWh**), esto puede ser debido a que el programa tiene en cuenta más pérdidas que las que se han considerado en este estudio ya que el informe muestra unas pérdidas del **11,78%** en contrapartida a las consideradas en el estudio (10,42%).

También se muestran las posibles variaciones de consumo que puede haber en diferentes años, con un intervalo de  $\pm$  **871.38 kWh**. En esta “horquilla” se mueve los datos de generación calculados por lo que se podrían tomar como correctos y fiables.

## 11.5. Presupuesto

El presupuesto se desglosará por materiales, mano y dirección de obra y redacción de proyecto:

### 11.5.1. Materiales

Concepto	Unidades	Precio/Unidad (€)	Total (€)
<b>2021_5_1.- Módulo solar fotovoltaico SPR-MAX3-400-COM de células de siliciomonocristalino, potencia máxima (Wp) 400 W, tensión a máxima potencia (Vmp) 65,8 V, intensidad a máxima potencia (Imp) 6,08 A, tensión en circuito abierto (Voc) 75,6 V, intensidad de cortocircuito (Isc) 6,58 A, eficiencia 22,6%, 104 células Maxeon Gen III monocristalino, vidrio exterior templado antirreflectante de alta transmisión, temperatura de trabajo -40°C hasta 85°C, dimensiones 1046x1690x40 mm, resistencia a la carga del viento 244 kg/m<sup>2</sup>, resistencia a la carga de la nieve 550 kg/m<sup>2</sup>, peso 19 kg, con caja de conexiones IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodos de derivación</b>	32	244,00	7.808,00
<b>2021_5_2.- Inversor trifásico, potencia máxima de entrada 22,5 kW, voltaje de entrada máximo 1000 Vcc, rango de voltaje de entrada de 320 a 800 Vcc, potencia nominal de salida 15 kW, potencia máxima de salida 15 kVA, eficiencia máxima 97,8%, dimensiones 725x510x225 mm, con comunicación vía WLAN para control remoto desde un smartphone, tablet o PC, puertos Ethernet y RS-485, y protocolo de comunicación Modbus RTU.</b>	1	2.840,52	2.840,52
<b>2021_5_3.- Contador bidireccional FRONIUS SMARTMETER 63A-3. Tensión de entrada 400-415 V, Máxima corriente de entrada 3 x 63 A. Con comunicación RS-485, y protocolo de comunicación Modbus RTU.</b>	1	190,00	190,00
<b>2021_5_4.- Soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana de hormigón o subestructura. Regulable de 20° a 35°. Disposición de los módulos vertical. Kit para 6 módulos</b>	4	243,09	972,36

<b>2021_5_5.- Soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana de hormigón o subestructura. Regulable de 20° a 35°. Disposición de los módulos vertical. Kit para 2 módulos</b>	4	95,56	382,24
<b>2021_5_6.- S15 - Kit de unión de soportes</b>	4	6,78	27,12
<b>2021_5_7.- Canaleta HelaDuct HTWD-HF 40x40</b>	230	2,45	563,50
<b>2021_5_8.- Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 1,5 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de PVC (V). Según UNE 21031-3.</b>	90	0,26	23,40
<b>2021_5_9.- Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 6 mm<sup>2</sup></b>	50	1,00	50,00
<b>2021_5_10.- Cable unipolar H07V-K, siendo su tensión asignada de 0,6/1 kV, reacción al fuego clase Eca según UNE-EN 50575, con conductor multifilar de cobre clase 5 (-K) de 10 mm<sup>2</sup> de sección, con aislamiento de PVC (V). Según UNE 21031-3.</b>	90	1,71	153,90
<b>2021_5_11.- Fusible de cartucho de vidrio RS Pro, 10A, 5 x 20mm, velocidad F Código RS 563-643.</b>	8	0,16	1,31
<b>2021_5_12.- Descargador contra sobretensiones multipolar DG YPV SCI 1000 (950 530), con dispositivo de conmutación DC de 3 etapas para uso en sistemas</b>	4	70,40	281,60
<b>2021_5_13.- Interruptor para tensiones hasta 1000 VDC y correines desde 25 a 40 A para uso en aplicaciones fotovoltaicas</b>	4	150,00	600,00
<b>2021_5_14.- Magnetotérmico EPB-63M-DC Series Circuit Breaker, 3P, calibre 32 A, Tensión máxima de 750 V</b>	1	210,00	210,00
<b>2021_5_15.- Magnetotérmico, Acti9 iK60N, 3P+N, 25 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1)</b>	1	73,55	73,55
<b>2021_5_16.- Interruptor diferencial Legrand TX3 4x25/30mA AC</b>	1	62,79	62,79
<b>2021_5_17.- Fusible Cilíndrico 25A 10x38 PV 600V</b>	3	6,05	18,15

<b>2021_5_18.- Armario mural de chapa de acero de puerta simple MAS0403015R5, con grado de protección IP 66. Marca Nvent Hoffman</b>	1	80,00	80,00
<b>2021_5_19.- Chasis AC04030R5 para armario mural de chapa de acero de puerta simple MAS0403015R5. Marca Nvent Hoffman</b>	1	40,00	40,00
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>14.378,4 €</b>
		<b>IVA (21%)</b>	<b>3.019,46 €</b>
		<b>TOTAL MATERIALES</b>	<b>17.397,86 €</b>

### 11.5.2. Obra civil

<b>Concepto</b>	<b>Precio/hora (€)</b>	<b>Horas</b>	<b>Precio (€)</b>
<b>Oficial 1ª instalador de captadores solares.</b>	19,42	25	485,50
<b>Ayudante instalador de captadores solares.</b>	17,86	25	446,50
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>932,00 €</b>
		<b>IVA (21%)</b>	<b>195,72 €</b>
		<b>TOTAL OBRA CIVIL</b>	<b>1.127,72 €</b>

### 11.5.3. Presupuesto final

<b>Concepto</b>	<b>Precio (€)</b>
<b>Materiales</b>	14.378,4
<b>Obra Civil</b>	932
<b>Proyecto</b>	900
<b>SUBTOTAL</b>	<b>16.210,4</b>
<b>IVA (21%)</b>	<b>3.404,1</b>
<b>TOTAL</b>	<b>19.614,5</b>

Por lo que el presupuesto final del proyecto asciende a un total de **19.614,5 € IVA incluido**.

#### 11.5.4. Rentabilidad

La contribución energética de este generador, se puede estimar gracias al término de horas pico, las cuales representan las horas que, en un día, el generador está produciendo energía con potencia pico. Además, se tiene en cuenta un factor de corrección al estar la superficie inclinada y no presentar esa incidencia normal de las CEM. Así pues, todos estos datos se recogen en la siguiente tabla:

Tabla 40: Estimación de energía FV producida

Mes	Irradiancia solar (W/m <sup>2</sup> )	Radiación solar media diaria (kWh/m <sup>2</sup> )	Factor de corrección	HSP	Energía generada (kWh/día)	Energía generada mensual (kWh/mes)	Energía real generada mensual (kWh/mes)	Nuevo consumo (kWh/mes)
Enero	65,5	1,572	1,39	2,19	28,03	868,93	778,39	17.193
Febrero	135,2	3,245	1,3	4,22	54,02	1512,56	1354,95	10.810
Marzo	186,5	4,476	1,19	5,33	68,22	2114,82	1894,46	9.632
Abril	191,8	4,603	1,08	4,97	63,62	1908,6	1709,72	9.680
Mayo	241,3	5,791	1	5,79	74,11	2297,41	2058,02	12.620
Junio	289,8	6,955	0,97	6,75	86,4	2592	2321,91	10.717
Julio	292,6	7,022	1	7,02	89,86	2785,66	2495,39	19.024
Agosto	265,9	6,382	1,09	6,96	89,09	2761,79	2474,01	14.345
Septiembre	211,8	5,083	1,23	6,25	80	2400	2149,92	13.571
Octubre	125,9	3,022	1,4	4,23	54,14	1678,34	1503,46	12.601
Noviembre	53	1,272	1,51	1,92	24,58	737,4	660,56	8.432
Diciembre	55,9	1,342	1,48	1,99	25,47	789,57	707,3	11.435
<b>TOTAL ANUAL</b>						<b>22447,08</b>	<b>20108,09</b>	<b>150.059</b>

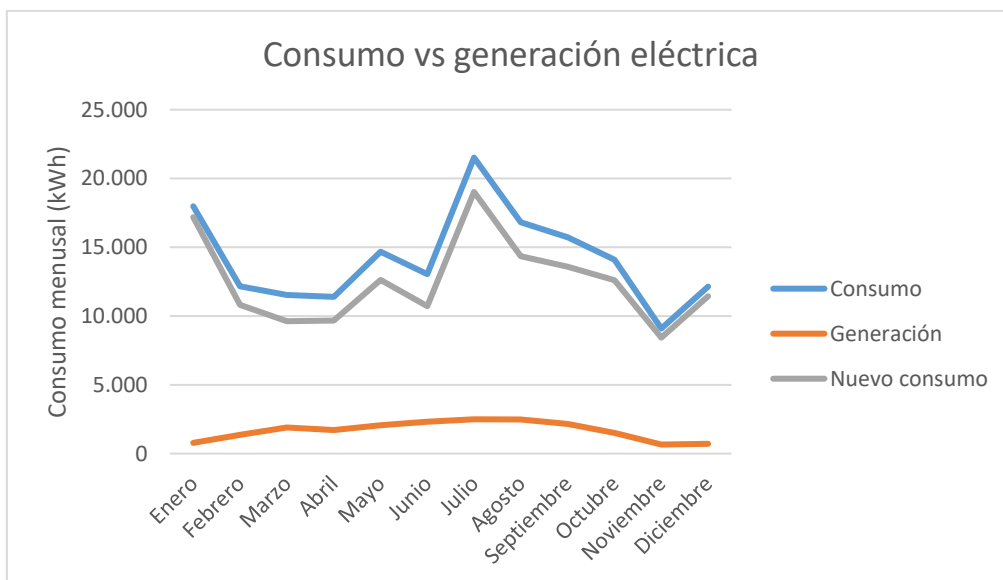
Donde:

- HSP: Horas solares pico. Se calculan multiplicando la radiación solar media diaria por el factor de corrección

- La energía generada se ha calculado multiplicando la potencia pico del generador, por las horas solares pico.

De este modo, se consigue un ahorro en el consumo de **20108,09 kWh/año**, el cual, si se considera un precio de consumo eléctrico de 0,082€/kWh, se obtiene un ahorro de **1648,86 €/año**. Este es un ahorro bastante llamativo y que según el precio de la instalación puede ser, a su vez, bastante atractivo a la hora de decidir la implantación del sistema de generación o no.

Por tanto, la curva de consumo se vería modificada de la siguiente manera:



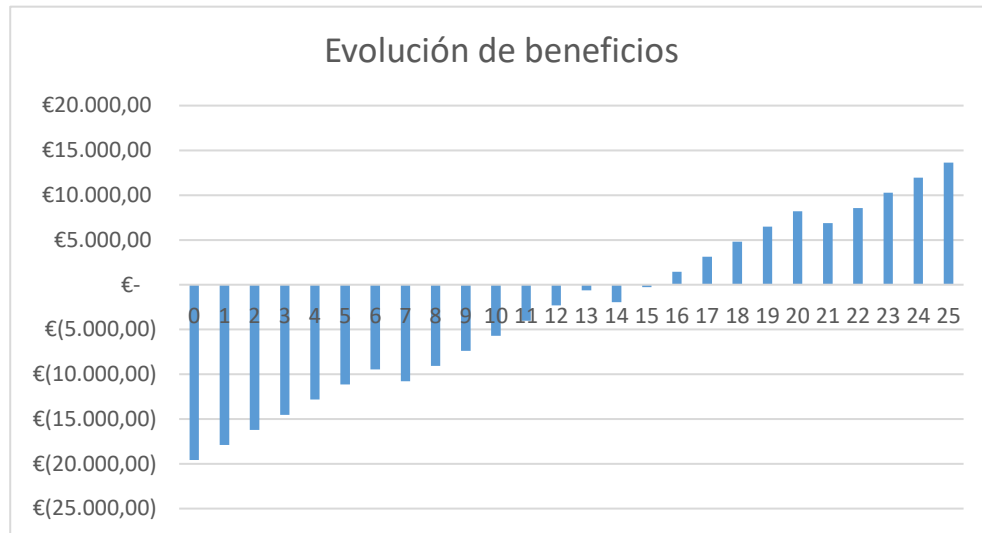
Gráfica 24: Variación del consumo tras la implantación del generador FV

Aunque a simple vista parece que el consumo no ha disminuido en gran cantidad, los cálculos realizados reflejan que el ahorro anual que se obtiene es bastante aceptable como para reflexionar sobre la posibilidad de la implantación de este sistema de energía.

Así pues, de una forma sencilla se puede calcular el plazo de amortización de la obra realizada como:

$$\text{Amortización} = \frac{\text{Inversión}}{\text{Ganancias}} = \frac{19614,5 \text{ €}}{1648,86 \text{ €/año}} = 11,89 \text{ años}$$

Por tanto, el plazo de amortización será de **11,89 años**. Si se da un margen de seguridad para posibles imprevistos, el plazo de amortización estimado será de **15 años**. El fabricante asegura el correcto funcionamiento de los módulos durante **25 años**. Mientras que los demás elementos como el inversor, garantiza un correcto funcionamiento durante **7 años**. Así pues, suponiendo un periodo de tiempo de 25 años correspondientes a la vida útil de los módulos fotovoltaicos, y además un desembolso cada 7 años de 3000 € para aspectos de mantenimiento, cambios de componentes, etc. se obtiene la siguiente evolución de los precios:



Gráfica 25: Evolución de beneficios

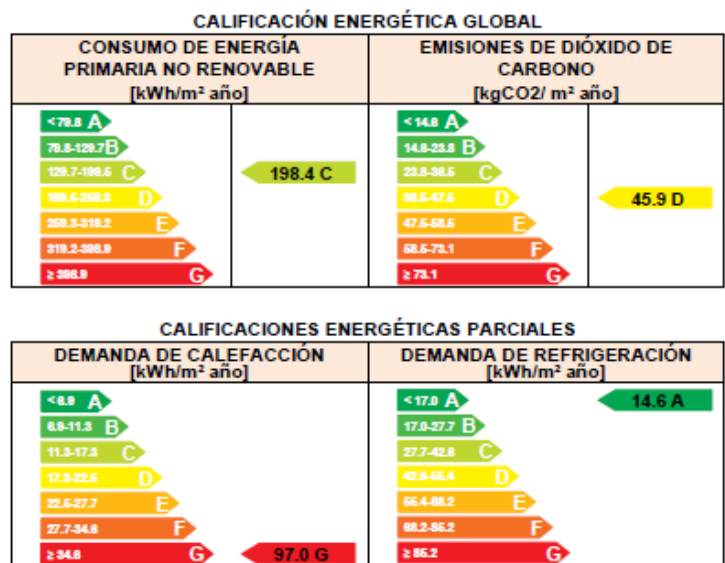
Obteniéndose así un beneficio final de **13634,33 €**. Por lo que se considera esta propuesta de instalación fotovoltaica muy interesante debido a la reducción de consumo y de costes que se puede llegar a conseguir.



## 12. Resultados de la aplicación de las medidas

Tras la exposición de las medidas recomendadas, se calcula la nueva etiqueta energética del edificio a través de la opción “Medidas de mejora” del software CE3X. Las medidas introducidas en el programa han sido las medidas 3,4 y la instalación fotovoltaica presentada en el estudio del punto anterior.

Los resultados, por tanto, serán los que se muestran a continuación:



### ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m <sup>2</sup> año]	110.03	-64.9%	5.60	74.5%	0.00	-%	13.25	71.6%	145.20	11.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	129.7 3	G -64.9%	10.94 A	74.5%	0.00	-	25.90 A	71.6%	198.4 4	C 25.8%
Emissiones de CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	34.22	G -64.9%	1.85 A	74.5%	0.00	-	4.39 A	71.6%	45.86	D 13.0%
Demanda [kWh/m <sup>2</sup> año]	97.05	G -64.9%	14.58 A	74.5%						

Ilustración 83: Resultados tras la aplicación de las medidas

Tal y como se observa en la calificación energética, se ha conseguido el aumento de una letra donde el inmueble ha pasado de E a D, casi C. Además de una mejora en la calificación en casi 7 puntos.

Por otro lado, se observa una disminución muy significativa en el consumo de la principal carga del edificio la cual es la refrigeración. Esta disminución supone un **74,5%** de ahorro respecto a la situación actual del edificio, lo que demuestra el gran potencial de ahorro que posee esta medida, llegando a la mejor calificación en este apartado la cual es **A**

Por contraparte, cabe destacar también, el aumento de consumo de calefacción debido a la medida 4. Esto es debido a que como la temperatura del edificio no aumentará tanto debido a la radiación solar incidente, se deberá hacer un uso mayor de la calefacción. Sin embargo, considerando la instalación y los usos que habitualmente se le ha dado a la caldera durante todo este tiempo, no se considera que el aumento de consumo de calefacción sea real ya que en la realidad variará muy poco y tampoco se cree que vaya a suponer un gran contratiempo la aplicación de dicha medida.

Además, el cambio de la iluminación, tal y como se ha expuesto en la medida 3, supone un ahorro en este apartado del 71,6%, obteniéndose una calificación de A, la mejor posible.

Así que, en general la aplicación de las medidas citadas supondrá un ahorro del **25,8%** en consumo de energía primaria no renovable y un **13%** en emisiones de CO<sub>2</sub> obteniéndose una calificación final de **D**

### 13. Conclusiones

Como conclusión a este trabajo cabe destacar el gran potencial de ahorro que posee el edificio. Como ya se ha observado, en la actualidad, éste posee una calificación energética baja (E). Esto es debido a la antigüedad que posee el edificio, y sobre todo a los cerramientos que posee. Estos son, prácticamente en su totalidad, ventanas las cuales desde un punto de vista energético son muy ineficientes ya que no poseen ningún tipo de control solar y, además, al ser cristales antiguos poseen una transmitancia muy elevada, lo que lleva consigo una demanda de calefacción y refrigeración elevada. Además, la ausencia de algún dispositivo de control solar en las ventanas provoca el aumento de la temperatura interior del edificio, produciéndose una especie de efecto invernadero en él, hecho que se ha experimentado en primera persona.

Por ello, la aplicación de las medidas anteriormente citadas puede paliar en gran parte las distintas demandas energéticas que posee el edificio, sin embargo, como ya se ha expuesto, la colaboración del personal del edificio será fundamental para que estas medidas puedan tener mayor o menor impacto en la disminución del consumo del edificio.

Con todo ello, tras la aplicación de las medidas, se obtiene una calificación energética de **D**, la cual, siguiendo los diferentes planes de acción que quiere llevar a cabo el Gobierno de Navarra en materia de eficiencia energética, suponen el cumplimiento de distintos objetivos que se hayan en dicho plan. En estos objetivos se contempla la mejora de la calificación energética, la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, los llamados GEI, reducción del consumo e implantación de sistemas de contribución energéticas mediante energías renovables, específicamente el sistema de generación fotovoltaica que se ha expuesto en su apartado correspondiente.

Para finalizar, destacar los buenos resultados obtenidos en cuanto a ahorro se trata, ya que, en algunos casos, mediante la aplicación de una serie de medidas de fácil implantación, se consiguen grandes ahorros anuales.



Pamplona. 15 de mayo de 2021

## 14. Bibliografía

- A. Luque and S. Hegedus, “Handbook of Photovoltaic Science and Engineering”, Ed. John Wiley & Sons, 2003.
- Asociación Española de Normalización. (2014). Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales. (UNE-EN 16247-1).
- Asociación Española de Normalización. (2014). Auditorías energéticas. Parte 2: Edificios. (UNE-EN 16247-2).
- Asociación Española de Normalización. (2012). Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: Lugares de trabajo en interiores. (UNE-EN 12464-1:2012).
- Asociación Española de Normalización. (2011). Instalaciones eléctricas debaja tensión. Parte 5: Selección e instalación de equipos eléctricos. Canalizaciones. (UNE HD 60364-5-52:2011)
- Asociación Española de Normalización. (2011). Eficiencia energética de edificios. Cálculos de consumos de energía para calefacción y refrigeración de espacios. (UNE-EN ISO 13790:2011).
- Asociación Española de Normalización. (2008). Eficiencia energética de los edificios. Consumo global de energía y definición evaluaciones energéticas. (UNE-EN ISO 15603:2008).
- Baigorri Dominguez, A. (2017). Auditoría energética de un edificio de 104 viviendas [Trabajo de fin de grado]. Universidad Pública de Navarra.
- Blanco Sardinero, I. (2009). Instalación solar fotovoltaica conectada a red sobre la azotea de una nave industrial. [Trabajo de fin de grado]. Universidad Pública de Navarra.
- Código técnico de la edificación. DB-HE: Documento Básico de ahorro de energía.
- DEHN IBERICA Protecciones Electricas, (2019). S.A. DG YPV SCI 1000 (950 530). [Ficha técnica]. <https://bit.ly/3uk5cle>.

- España, Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia. Resolución de 18 de marzo de 2021, de la Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia, por la que se establecen los valores de los peajes de acceso a las redes de transporte y distribución de electricidad de aplicación a partir del 1 de junio de 2021. *Boletín Oficial del Estado*. 23-3-2021. 33575 – 33593. [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-4565](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-4565).
- España, Ministerio para la Transición Energética. Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. *Boletín Oficial del Estado*. 6-5-2019. 35674-35719. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089>.
- España, Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. 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. *Boletín Oficial del Estado*. 8-12-2011. 130033-130064. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-19242>.
- España, Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Real Decreto 56/2016, de 12 de febrero, por el que se transpone la Directiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética, en lo referente a auditorías energéticas, acreditación de proveedores de servicios y auditores energéticos y promoción de la eficiencia del suministro de energía. *Boletín Oficial del Estado*. 13-2-2016. 11655-11681. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2016-1460>.
- España, Ministerio de Ciencia y Tecnología. Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. *Boletín Oficial del Estado*. 18-9-2002. 33084-33086. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>.
- España, Jefatura del Estado. Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. *Boletín Oficial del Estado*. 6-10-2018. 97430-97467. <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-13593>.
- Fronius. Fronius SYMO. [Ficha técnica]. <https://bit.ly/3tmbDCW>.

- Fronius. Fronius Smart Meter [Ficha técnica]. <https://bit.ly/2PO9KRS>.
  
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2011). Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red. <https://www.idae.es/file/9058/download?token=XffsUIM->.
  
- Iberdrola (2016). Condiciones técnicas de la instalación de producción eléctrica conectada a la red de Iberdrola distribución eléctrica, S.A.U. Marzo 2016. Edición 5.
  
- Legrand. (2019). TX<sup>3</sup> RCCBs 4P Neutral left side - up to 63 A. [Ficha técnica]. <https://bit.ly/3umWL8X>.
  
- RS PRO. Fusible de cartucho de vidrio RS Pro, 10A, 5 x 20mm, velocidad F [Ficha técnica]. <https://bit.ly/3f9IA0H>.
  
- Schneider. (2021). Magnetotérmico, Acti9 iK60N, 3P+N, 25 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1). [Ficha técnica]. <https://bit.ly/3h16IF0>.
  
- Socomec. (2019). SIRCO MC PV. [Ficha técnica]. <https://bit.ly/3gYViln>.
  
- SUNPOWER. (2020). MAXEON 3 COM [Ficha técnica].

# ANEXO

Auditoría energética de un edificio de uso administrativo en Pamplona

Alessandro de Obesso Sánchez



## **ANEXO I: Datos de facturación**

- I.1. Facturación sótano 2019
- I.2. Facturación sótano 2020
- I.3. Facturación edificio 2019
- I.4. Facturación edificio 2020

**I.1. Facturación sótano 2019**

Periodo facturación	Consumos (kWh)			Maxímetros (kW)			Potencia facturada (kW)			Potencia contratada (kW)			Consumos totales (kWh)
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1f	P2f	P3f	P1c	P2c	P3c	
<b>Enero - Febrero</b>	553	4281	2124	12	31	24	46,75	79,9	27,2	55	94	32	6958
<b>Febrero - Marzo</b>	428	4044	1538	19	40	24	46,75	79,9	27,2	55	94	32	6010
<b>Marzo - Abril</b>	727	3296	1222	12	22	23	46,75	79,9	27,2	55	94	32	5245
<b>Abril - Mayo</b>	1934	2832	935	51	46	26	51	79,9	27,2	55	94	32	5701
<b>Mayo - Junio</b>	2714	3534	1240	61	51	23	67,5	79,9	27,2	55	94	32	7488
<b>Junio - Julio</b>	3134	4164	1118	99	104	42	181,5	114,6	58,8	55	94	32	8416
<b>Julio - Agosto</b>	5780	7650	2231	110	108	64	214,5	126,6	124,8	55	94	32	15661
<b>Agosto - Septiembre</b>	4273	5698	1624	80	77	66	124,5	79,9	130,8	55	94	32	11595
<b>Septiembre - Octubre</b>	3808	4959	1309	72	68	43	100,5	79,9	61,8	55	94	32	10076
<b>Octubre - Noviembre</b>	1802	4310	1287	53	57	48	53	79,9	76,8	55	94	32	7399
<b>Noviembre - Diciembre</b>	324	2870	824	18	33	22	46,75	79,9	27,2	55	94	32	4018

**I.2. Facturación sótano 2020**

Periodo facturación	Consumos (kWh)			Maxímetros (kW)			Potencia facturada (kW)			Potencia contratada (kW)			Consumos totales (kWh)	Consumo medio diario (kWh)
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1f	P2f	P3f	P1c	P2c	P3c		
08/01/2020 - 28/01/2020	268,83	2609,5	722,67	14	38	24	46,75	79,9	27,2	55	94	32	3601	180,05
29/01/2020 - 10/02/2020	175	1682	469	14	38	24	46,75	79,9	27,2	55	94	32	2326	193,83
10/02/2020 - 09/03/2020	353	3821	926	16	43	22	46,75	79,9	27,2	55	94	32	5100	182,14
09/03/2020 - 14/04/2020	886	3786	1120	28	45	21	46,75	79,9	27,2	55	94	32	5792	160,89
14/04/2020 - 11/05/2020	2210	2923	953	40	41	23	46,75	79,9	27,2	55	94	32	6086	225,41
11/05/2020 - 08/06/2020	3430	4427	1380	64	59	38	76,5	79,9	46,8	55	94	32	9237	329,89
08/06/2020 - 13/07/2020	3804	5023	1730	66	67	47	82	79,9	73,8	55	94	32	10557	301,63
13/07/2020 - 03/08/2020	3390	4696	1458	81	86	48	127,5	86	76,8	55	94	32	9544	454,48
03/08/2020 - 09/09/2020	5895	7701	2291	84	87	59	136,5	87	109,8	55	94	32	15887	429,38
09/09/2020 - 30/09/2020	2730	3450	1092	84	87	59	136,5	87	109,8	55	94	32	7272	346,29
30/09/2020 - 31/10/2020	1764	3474	1299	48,3 9	48,2 7	30,1 3	48,39	79,9	30,13	55	94	32	6537	210,87
31/10/2020 - 31/11/2021	447	4182	1283	19,3 8	43,1 9	36,8 2	46,75	79,9	43,26	55	94	32	5912	197,07

**I.3. Facturación edificio 2019**

Periodo facturación	Consumos (kWh)			Maxímetros (kW)			Potencia contratada (kW)			Consumos totales (kWh)
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1c	P2c	P3c	
<b>Enero - Febrero</b>	571	5945	973	11	34	19	30	63	20	7489
<b>Febrero - Marzo</b>	461	4920	774	9	35	18	30	63	20	6155
<b>Marzo - Abril</b>	958	452	871	9	33	18	30	63	20	2281
<b>Abril - Mayo</b>	1907	2912	870	32	32	18	30	63	20	5689
<b>Mayo - Junio</b>	2444	3726	1020	29	33	16	30	63	20	7190
<b>Junio - Julio</b>	1559	2395	669	29	29	14	30	63	20	4623
<b>Julio - Agosto</b>	1882	3000	976	23	23	13	30	63	20	5858
<b>Agosto - Septiembre</b>	1702	2679	843	21	23	14	30	63	20	5224
<b>Septiembre - Octubre</b>	1918	2914	813	25	25	14	30	63	20	5645
<b>Octubre - Noviembre</b>	1583	4175	947	27	27	15	30	63	20	6705
<b>Noviembre - Diciembre</b>	422	3970	683	14	34	15	30	63	20	5075

**I.4. Facturación edificio 2020**

Periodo facturación	Consumos (kWh)			Maxímetros (kW)			Potencia contratada (kW)			Consumos totales (kWh)	Consumo medio diario (kWh)
	P1	P2	P3	P1	P2	P3	P1c	P2c	P3c		
08/01/2020 - 28/01/2020	351,4 2	3397,0 1	604,8 1	10	32	18	30	63	20	4353,24	217,66
29/01/2020 - 10/02/2020	228	2190	393	10	32	18	30	63	20	2811	234,25
10/02/2020 - 09/03/2020	481	4810	819	10	31	18	30	63	20	6110	218,21
09/03/2020 - 14/04/2020	744	3540	1209	10	31	18	30	63	20	5493	152,58
14/04/2020 - 11/05/2020	1019	2018	963	16	17	7	30	63	20	4000	148,15
11/05/2020 - 08/06/2020	1302	2317	1031	19	18	8	30	63	20	4650	166,07
08/06/2020 - 13/07/2020	1698	3063	1271	22	23	11	30	63	20	6032	172,34
13/07/2020 - 03/08/2020	1205	1987	721	22	22	13	30	63	20	3913	186,33
03/08/2020 - 09/09/2020	2080	3436	1287	22	24	12	30	63	20	6803	183,86
09/09/2020 - 30/09/2020	1374	2230	745	22	24	12	30	63	20	4349	207,10
30/09/2020 - 31/10/2020	1987	4088	1138	34,2 2	34,0 8	15,3	30	63	20	7213	232,68
31/10/2020 - 31/11/2021	706	5293	1135	13,9 4	35,4 8	16,8 7	30	63	20	7134	237,80

Auditoría energética de un edificio de uso administrativo en Pamplona

Alessandro de Obesso Sánchez

## **ANEXO II: Inventario de iluminación:**

II.1. Propuestas de iluminación medida 2.

II.2. Propuestas de iluminación medida 3.

## II.1. Propuestas de iluminación medida 2.

Zona	Potencia (W)	Nº de elementos	Potencia de zona (W)	Nº de interruptores	Observaciones	Potencia propuesta	Nº de elementos propuestos	Potencia total
Acceso PB	26	4	104	1		12	4	48
Zona AP PB	26	20	552	1		12	20	240
	8	4				8	4	32
Oficina B.1	26	20	712	2		12	20	240
	8	24				8	24	192
Pasillo B1	26	18	468	1		12	18	216
Pasillo B2	26	2	52	1		12	2	24
Aseo masculino	26	6	192	Sensor de presencia		12	6	72
	36	1				14,5	1	14,5
Aseo femenino	26	9	234	Sensor de presencia		12	9	108
Almacén 1 PB	100	2	200	1		10	2	20
Almacén 2 PB	100	1	100	1		10	1	10
Archivo PB	100	1	100	1		10	1	10
Distribuidor PB.1	58	1	58	1		20	1	20
Distribuidor PB.2	18	1	18	1		8	1	8
Aire acondic. PB	100	1	100	1		10	1	10
Despacho B.1	18	20	360	2		8	20	160
Despacho B.2	8	16	128	1		8	16	128
Despacho B.3	8	12	168	1		8	12	96



	18	4				8	4	32
<b>Despacho B.4</b>	18	16	288	1		8	16	128
<b>Despacho B.5</b>	26	12	312	1		12	12	144
<b>Sala Reuniones PB</b>	18	24	432	2		8	24	192
<b>Sala de limpieza PB</b>	26	2	52	1		12	2	24
		<b>Total</b>	<b>4630</b>				<b>Total</b>	<b>2168,5</b>

Zona	Potencia (W)	Nº de elementos	Potencia de zona (W)	Nº de interruptores	Observaciones	Potencia propuesta	Nº de elementos propuestos	Potencia total
<b>Recepción 1</b>	26	17	442	-	Desde CP	12	17	204
<b>Aseo 1</b>	10	2	20	1		10	2	20
<b>Escaleras</b>	26	7	182	-	Desde CP	12	7	84
<b>Sala cámaras</b>	26	10	260	1		12	10	120
<b>Pasillo 1.1</b>	60	1	60	1		12	1	12
<b>ZONA 1</b>	18	28	504	1		8	28	224
<b>Vestíbulo 1.1</b>	15	1	15	1		10	1	10
<b>Vestíbulo 1.2</b>	15	1	15	1		10	1	10
<b>Descanso 1</b>	18	4	72	0	Se enciende junto con la zona 1	8	4	32
<b>Oficina 1.1</b>	18	24	432	1		8	24	192

<b>Despacho 1.1</b>	54,5	4	218	0	Se enciende junto con la oficina 1.1	20	4	80
<b>Despacho 1.2</b>	54,5	6	327	1		20	6	120
<b>Despacho 1.3</b>	54,5	20	1090	2		20	20	400
<b>Sala de prensa 1</b>	58	9	522	2		20	9	180
<b>Almacén 1</b>	58	1	58	1		20	1	20
<b>Aseo Masculino</b>	15	2	30	Presencia		10	2	20
	60	2	120	Presencia		10	2	20
<b>Aseo Femenino</b>	15	1	15	Presencia		10	1	10
	60	2	120	Presencia		10	2	20
<b>Aseo 1.3</b>	26	3	78	1		12	3	36
<b>Pot. total planta (W)</b>			4580				<b>Pot. total planta (W)</b>	1814

<b>Zona</b>	<b>Potencia (W)</b>	<b>Nº de elementos</b>	<b>Potencia de zona (W)</b>	<b>Nº de interruptores</b>	<b>Observaciones</b>	<b>Potencia propuesta</b>	<b>Nº de elementos propuestos</b>	<b>Potencia total</b>
<b>Pasillo 2.1</b>	18	7	126	-		18	7	126
<b>Pasillo 2.2</b>	18	4	72	1		18	4	72
<b>Pasillo 2.3</b>	26	10	260	1	Falta 1	12	10	120
<b>Pasillo 2.4</b>	26	4	104	1		12	4	48
<b>Oficina 2.1</b>	18	12	216	1		8	12	96
<b>Despacho 2.1</b>	18	18	324	3		8	18	144
<b>Oficina 2.2</b>	18	9	162	1		8	9	72
<b>Despacho 2.2</b>	18	18	324	2		8	18	144

<b>Oficina 2.3</b>	18	24	432	2	Faltan 5	8	24	192
<b>Despacho 2.3</b>	18	15	270	1		8	15	120
<b>Oficina 2.4</b>	18	24	432	2	Faltan 5	8	24	192
<b>Despacho 2.4</b>	18	18	324	2	Faltan 3	8	18	144
<b>Despacho 2.5</b>	18	18	324	2		8	18	144
<b>At. Públ. 2</b>	26	16	416	1		12	16	192
<b>Oficina 2.5</b>	18	30	540	2		8	30	240
<b>Sala Reu. 2</b>	18	12	216	1		8	12	96
<b>Sala Form. 2</b>	36	12	432	2		14,5	12	174
<b>Almacén 2</b>	36	2	72	1		14,5	2	29
<b>Despacho 2.6</b>	18	12	216	1		8	12	96
<b>Aseo masc. 2</b>	10	2	55	1		10	2	20
	15	1				10	1	10
	15	2				10	2	20
<b>Aseo minus. 2</b>	10	1	25	1		10	1	10
	15	1				10	1	10
<b>Aseo Fem. 2</b>	10	4	70	1		10	4	40
	15	2				2	10	2
		<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>5412</b>				<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>2571</b>

Zona	Potencia (W)	Nº de elementos	Potencia de zona (W)	Nº de interruptores	Observaciones	Potencia propuesta (W)	Nº de elementos propuestos	Potencia total (W)
<b>At. Público 3</b>	15	3	45	-	Se enciende desde CP/Quitar 1	10	3	30
<b>Pasillo 3.1</b>	15	6	90	-	Se enciende desde CP	10	6	60
<b>Pasillo 3.2</b>	15	4	60	-	Se enciende desde CP	10	4	40
<b>Pasillo 3.3</b>	15	2	40	-	Se enciende desde CP	10	2	20
	10	1				10	1	10
<b>Pasillo 3.4</b>	26	1	108	-	Se enciende desde CP	10	1	10
	10	1				10	1	10
	18	4				10	4	40
<b>Despacho 3.1</b>	26	8	208	2		12	8	96
<b>Oficina 3.1</b>	26	28	728	1		12	28	336
<b>Despacho 3.2</b>	26	14	364	2		12	14	168
<b>Oficina 3.2</b>	26	10	260	3	Faltan 14	12	10	120
<b>Despacho 3.3</b>	26	11	286	2		12	11	132
<b>Despacho 3.4</b>	26	16	416	2		12	16	192
<b>Despacho 3.5</b>	36	8	288	1		14,5	8	116
<b>Armario 3.1</b>	26	1	26	1		10	1	10
<b>Armario 3.2</b>	26	1	26	1		10	1	10

<b>Oficina 3.3</b>	26	9	234	2	Faltan 2	12	9	108
<b>Oficina 3.4</b>	36	8	288	1	Instalacion 2 interruptores	14,5	8	116
<b>Archivo 3</b>	58	4	232	1		20	4	80
<b>Oficina 3.5</b>	26	12	312	3		12	12	144
<b>Despacho 3.6</b>	26	6	156	2		12	6	72
<b>Almacen 3.1</b>	10	4	40	1		10	4	40
<b>Almacen 3.2</b>	26	1	26	1		10	1	10
<b>Almacen 3.3</b>	18	4	72	1		8	4	32
<b>Aseo masc. 3</b>	10	3	55	1		10	3	30
	10	1		1		10	1	10
	15	1		1		10	1	10
<b>Aseo minus. 3</b>	10	1	10	1		10	1	10
<b>Aseo fem.3</b>	10	3	60	1		10	3	30
	15	1		1		10	1	10
	15	1		1		10	1	10
		<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>4430</b>				<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>2112</b>

Zona	Potencia (W)	Nº de elementos	Potencia de zona (W)	Nº de interruptores	Observaciones	Potencia propuesta (W)	Nº de elementos propuestos	Potencia total (W)
Pasillo 4.1	15	2	30	-	Se enciende desde CP	15	2	30
Pasillo 4.2	15	4	60	-	Se enciende desde CP	15	4	60
Pasillo 4.3	15	7	105	-	Se enciende desde CP	15	4	60
Oficina 4.1	15	5	75	-	Se enciende desde CP	15	3	45
Oficina 4.2	26	21	546	8		12	21	252
Oficina 4.3	24	2	108	1		0	0	0
	60	1				60	1	60
Oficina 4.4	26	2	112	1		0	0	0
	60	1				60	1	60
Oficina 4.5	26	2	112	1		0	0	0
	60	1				60	1	60
Oficina 4.6	26	2	112	1		0	0	0
	60	1				60	1	60
Oficina 4.7	26	2	112	1		0	0	0
	60	1				60	1	60
Oficina 4.8	26	2	112	1		0	0	0
	60	1				60	1	60
Oficina 4.9	26	12	312	2		12	12	144
Despacho 4.1	26	13	338	2	Faltan 4	12	9	108
Oficina 4.10	26	12	312	2		12	8	96

<b>Despacho 4.2</b>	26	10	260	2		12	8	96
<b>Oficina 4.11</b>	26	12	312	2		12	8	96
<b>Despacho 4.3</b>	26	11	286	2		12	8	96
<b>Almacén 4.1</b>	26	25	650	4		12	15	180
<b>Almacén 4.2</b>	26	1	26	1		12	1	12
<b>Almacén 4.3</b>	26	2	52	1		12	1	12
<b>Aseo másc. 4</b>	26	5	130	3		12	4	48
<b>Aseo fem. 4</b>	26	5	130	3		12	4	48
		<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>4292</b>				<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>1743</b>

Zona	Potencia (W)	Nº de elementos	Potencia de zona (W)	Nº de interruptores	Observaciones	Potencia propuesta (W)	Nº de elementos propuestos	Potencia total (W)	
Pasillo 5.1	24	9	216	-	Se enciende desde CP	24	9	216	
Pasillo 5.2	24	5	120	-	Se enciende desde CP	24	5	120	
Pasillo 5.3	24	10	240	-	Se enciende desde CP	24	10	240	
Oficina 5.1	24	8	192	2		24	8	192	
Despacho 5.1	24	5	120	2		24	5	120	
Oficina 5.2	24	6	144	2		24	6	144	
Despacho 5.2	24	22	528	8		24	22	528	
Aseo Común 5.1	10	3	40	2		10	3	30	
	10	1		1		10	1	10	
Despacho 5.3	24	8	192	2		24	8	192	
Aten. Público 5	24	6	144	-	Se enciende desde CP	24	6	144	
S. de reuniones 5.1	24	59	1416	5		24	59	1416	
Aseo Común 5.2	60	1	60	1		10	1	10	
Aseo mascu. 5	10	6	60	3		10	6	60	
Aseo femenino 5	60	2	140	2		10	2	20	
	10	2				10	2	20	
Almacén 5	60	4	240	1		10	4	40	
S. de reuniones 5.2	24	9	216	-	Se enciende desde CP	24	9	216	
		<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>4068</b>				<b>Pot. total planta (W)</b>	<b>3718</b>	



Zona	Potencia (W)	Nº de elementos	Potencia de zona (W)	Nº de interruptores	Observaciones	Potencia propuesta (W)	Nº de elementos propuestos	Potencia total (W)
Escaleras T1	52	2	104	-	Se encienden desde P1	24	2	48
Escaleras T2	72	8	576	-	Se encienden desde P1	29	8	232
Escaleras T3	26	1	26	-	Se encienden desde P1	12	1	12
Cuarto Distr.1	100	2	200	1		10	2	20
	50	1	50	1		10	1	10
Cuarto Distr.2	100	2	200	1		10	2	20
	50	1	50	1		10	1	10
Cuarto Distr.3	100	2	200	1		10	2	20
	50	1	50	1		10	1	10
Cuarto Distr.4	100	2	200	1		10	2	20
	50	1	50	1		10	1	10
Cuarto Distr.5	100	2	200	1		10	1	10
	50	1	50	1		10	1	10
Sótano -1	36	30	1080	4		14,5	30	435
Sótano -2	36	30	1080	4		14,5	30	435
		<b>Pot. total escaler. (W)</b>	<b>4116</b>				<b>Pot. total escaler. (W)</b>	<b>1302</b>

## II.2. Propuestas de iluminación medida 3.

Zona	Superficie (m <sup>2</sup> )	Nº Elementos exist.	Nº Elementos prop.	Potencia prop./unidad	Lum/elemento	Lumens Prop.	Lux. Prop.	Lux. UNE 12464-1	Pot. Total (W)
Acceso PB	4,05	4	2	12	1200	2400	593	300	24
Zona AP PB	26,48	20	6	12	1200	7200	332	300	72
		4	2	8	800	1600			16
Oficina B.1	46,82	20	13	12	1200	15600	504	500	156
		24	10	8	800	8000			80
Pasillo B1	17,92	18	5	12	1200	6000	335	100	60
Pasillo B2	1,92	2	1	12	1200	1200	625	100	12
Aseo masculino	8,21	6	3	12	1200	3600	633	200	36
		1	1	14,5	1600	1600			14,5
Aseo femenino	6,3	9	4	12	1200	4800	762	200	48
Almacén 1 PB	8,13	2	1	10	1000	1000	123	100	10
Almacén 2 PB	4,51	1	1	10	1000	1000	222	100	10
Archivo PB	8,97	1	1	10	1000	1000	111	100	10
Distribuidor PB.1	2,99	1	1	20	2200	2200	736	100	20
Distribuidor PB.2	4,33	1	1	8	800	800	185	100	8
Aire acondic. PB	4,57	1	1	10	1000	1000	219	100	10
Despacho B.1	19,41	20	13	8	800	10400	536	500	104
Despacho B.2	13,25	16	9	8	800	7200	543	500	72
Despacho B.3	12,76	12	8	8	800	6400	502	500	64
		4	0	8	800	0			0

<b>Despacho B.4</b>	10,75	16	7	8	800	5600	521	500	56
<b>Despacho B.5</b>	11,66	12	5	12	1200	6000	515	500	60
<b>Sala Reuniones PB</b>	19,71	24	13	8	800	10400	528	500	104
<b>Sala de limpieza PB</b>	2,3	2	1	12	1200	1200	522	100	12
<b>Recepción 1</b>	27,18	17	8	12	1200	9600	353	300	96
<b>Aseo 1</b>	2,2	2	2	10	1000	2000	909	200	20
<b>Escaleras</b>	4	7	2	12	1200	2400	600	150	24
<b>Sala cámaras</b>	10,25	10	5	12	1200	6000	585	500	60
<b>Pasillo 1.1</b>	2,75	1	1	12	1200	1200	436	100	12
<b>ZONA 1</b>	48,3	28	28	8	800	22400	464	400	224
<b>Vestíbulo 1.1</b>	5,51	1	1	10	1000	1000	181	100	10
<b>Vestíbulo 1.2</b>	6,81	1	1	10	1000	1000	147	100	10
<b>Descanso 1</b>	10,85	4	4	8	800	3200	295	100	32
<b>Oficina 1.1</b>	25,69	24	24	8	800	19200	747	500	192
<b>Despacho 1.1</b>	15,92	4	4	20	2200	8800	553	500	80
<b>Despacho 1.2</b>	15,54	6	4	20	2200	8800	566	500	80
<b>Despacho 1.3</b>	47,98	20	11	20	2200	24200	504	500	220
<b>Sala de prensa 1</b>	80,41	9	11	20	2200	24200	301	300	220
<b>Almacén 1</b>	6,76	1	1	20	2200	2200	325	100	20
<b>Aseo Masculino</b>	9,56	2	2	10	1000	2000	418	200	20
		2	2	10	1000	2000			20
<b>Aseo Femenino</b>	6,01	1	1	10	1000	1000	499	200	10
		2	2	10	1000	2000			20
<b>Aseo 1.3</b>	2,1	3	2	12	1200	2400	1143	200	24
<b>Pasillo 2.1</b>	12,77	7	4	18	1200	4800	376	100	72

<b>Pasillo 2.2</b>	7,15	4	2	18	1200	2400	336	100	36
<b>Pasillo 2.3</b>	20,81	10	5	12	1200	6000	288	100	60
<b>Pasillo 2.4</b>	11,6	4	2	12	1200	2400	207	100	24
<b>Oficina 2.1</b>	17,18	12	11	8	800	8800	512	500	88
<b>Despacho 2.1</b>	19,99	18	13	8	800	10400	520	500	104
<b>Oficina 2.2</b>	15,61	9	10	8	800	8000	512	500	80
<b>Despacho 2.2</b>	19,05	18	12	8	800	9600	504	500	96
<b>Oficina 2.3</b>	28,22	24	16	8	800	12800	454	500	128
<b>Despacho 2.3</b>	22,21	15	14	8	800	11200	504	500	112
<b>Oficina 2.4</b>	29	24	19	8	800	15200	524	500	152
<b>Despacho 2.4</b>	18,69	18	12	8	800	9600	514	500	96
<b>Despacho 2.5</b>	19,01	18	12	8	800	9600	505	500	96
<b>At. Públ. 2</b>	26,07	16	12	12	1200	14400	552	300	144
<b>Oficina 2.5</b>	40,54	30	26	8	800	20800	513	500	208
<b>Sala Reu. 2</b>	16,14	12	11	8	800	8800	545	500	88
<b>Sala Form. 2</b>	31,13	12	10	14,5	1600	16000	514	500	145
<b>Almacen 2</b>	6,49	2	1	14,5	1600	1600	247	200	14,5
<b>Despacho 2.6</b>	13,42	12	9	8	800	7200	537	500	72
<b>Aseo masc. 2</b>	8,75	2	1	10	1000	1000	457	200	10
		1	1	10	1000	1000			10
		2	2	10	1000	2000			20
<b>Aseo minus. 2</b>	3,09	1	1	10	1000	1000	647	200	10
		1	1	10	1000	1000			10
<b>Aseo Fem. 2</b>	8,75	4	2	10	1000	2000	457	200	20
		2	2	10	1000	2000			20
<b>At. Público 3</b>	14	3	2	10	1000	2000	143	100	20
<b>Pasillo 3.1</b>	10,49	6	3	10	1000	3000	286	100	30

<b>Pasillo 3.2</b>	10,49	4	2	10	1000	2000	191	100	20
<b>Pasillo 3.3</b>	10,49	2	2	10	1000	2000	191	100	20
		1	0	10	1000	0			0
<b>Pasillo 3.4</b>	20,98	1	0	10	1000	0	191	100	0
		1	0	10	1000	0			0
		4	4	10	1000	4000			40
<b>Despacho 3.1</b>	8,34	8	4	12	1200	4800	576	500	48
<b>Oficina 3.1</b>	51,05	28	22	12	1200	26400	517	500	264
<b>Despacho 3.2</b>	17,14	14	8	12	1200	9600	560	500	96
<b>Oficina 3.2</b>	40,81	10	17	12	1200	20400	500	500	204
<b>Despacho 3.3</b>	26,58	11	11	12	1200	13200	497	500	132
<b>Despacho 3.4</b>	26,93	16	12	12	1200	14400	535	500	144
<b>Despacho 3.5</b>	12,61	8	4	14,5	1600	6400	508	500	58
<b>Armario 3.1</b>	1,27	1	1	10	1000	1000	787	100	10
<b>Armario 3.2</b>	1,37	1	1	10	1000	1000	730	100	10
<b>Oficina 3.3</b>	26,71	9	9	12	1200	10800	404	500	108
<b>Oficina 3.4</b>	25,74	8	8	14,5	1600	12800	497	500	116
<b>Archivo 3</b>	25,74	4	4	20	2200	8800	342	300	80
<b>Oficina 3.5</b>	28,6	12	12	12	1200	14400	503	500	144
<b>Despacho 3.6</b>	20,21	6	9	12	1200	10800	534	500	108
<b>Almacén 3.1</b>	9,4	4	3	10	1000	3000	319	300	30
<b>Almacén 3.2</b>	1,36	1	1	10	1000	1000	735	300	10
<b>Almacén 3.3</b>	2,72	4	2	8	800	1600	588	300	16
<b>Aseo masc. 3</b>	7,55	3	1	10	1000	1000	397	200	10
		1	1	10	1000	1000			10
		1	1	10	1000	1000			10
<b>Aseo minus. 3</b>	3,05	1	1	10	1000	1000	328	200	10

<b>Aseo fem.3</b>	7,23	3	1	10	1000	1000	415	200	10
		1	1	10	1000	1000			10
		1	1	10	1000	1000			10
<b>Pasillo 4.1</b>	23,49	2	2	15	1200	2400	102	100	30
<b>Pasillo 4.2</b>	5	4	2	15	1200	2400	480	100	30
<b>Pasillo 4.3</b>	15,75	7	3	15	1200	3600	229	100	45
<b>Oficina 4.1</b>	16,08	5	6	15	1200	7200	448	500	90
<b>Oficina 4.2</b>	55,78	21	23	12	1200	27600	495	500	276
<b>Oficina 4.3</b>	11,95	2	2	12	1200	2400	552	500	24
		1	1	60	4200	4200			60
<b>Oficina 4.4</b>	11,95	2	2	12	1200	2400	552	500	24
		1	1	60	4200	4200			60
<b>Oficina 4.5</b>	11,95	2	2	12	1200	2400	552	500	24
		1	1	60	4200	4200			60
<b>Oficina 4.6</b>	11,95	2	2	12	1200	2400	552	500	24
		1	1	60	4200	4200			60
<b>Oficina 4.7</b>	11,95	2	2	12	1200	2400	552	500	24
		1	1	60	4200	4200			60
<b>Oficina 4.8</b>	11,95	2	2	12	1200	2400	552	500	24
		1	1	60	4200	4200			60
<b>Oficina 4.9</b>	21,65	12	10	12	1200	12000	554	500	120
<b>Despacho 4.1</b>	24,35	13	11	12	1200	13200	542	500	132
<b>Oficina 4.10</b>	24,58	12	11	12	1200	13200	537	500	132
<b>Despacho 4.2</b>	27,08	10	11	12	1200	13200	487	500	132
<b>Oficina 4.11</b>	24,28	12	11	12	1200	13200	544	500	132
<b>Despacho 4.3</b>	22,41	11	10	12	1200	12000	535	500	120
<b>Almacén 4.1</b>	28,76	25	12	12	1200	14400	501	300	144

<b>Almacén 4.2</b>	6,2	1	1	12	1200	1200	194	100	12
<b>Almacén 4.3</b>	6,2	2	2	12	1200	2400	387	300	24
<b>Aseo másc. 4</b>	8,05	5	3	12	1200	3600	447	200	36
<b>Aseo fem. 4</b>	8,38	5	3	12	1200	3600	430	200	36
<b>Pasillo 5.1</b>	24,96	9	9	24	2400	21600	865	100	216
<b>Pasillo 5.2</b>	24,96	5	5	24	2400	12000	481	100	120
<b>Pasillo 5.3</b>	24,96	10	10	24	2400	24000	962	100	240
<b>Oficina 5.1</b>	21,79	8	8	24	2400	19200	881	500	192
<b>Despacho 5.1</b>	13,77	5	5	24	2400	12000	871	500	120
<b>Oficina 5.2</b>	19,96	6	6	24	2400	14400	721	500	144
<b>Despacho 5.2</b>	72,95	22	22	24	2400	52800	724	500	528
<b>Aseo Común 5.1</b>	3	3	3	10	1000	3000	1333	200	30
		1	1	10	1000	1000			10
<b>Despacho 5.3</b>	28,72	8	8	24	2400	19200	669	500	192
<b>Aten. Público 5</b>	26,57	6	6	24	2400	14400	542	500	144
<b>S. de reuniones 5.1</b>	84,38	59	59	24	2400	141600	1678	500	1416
<b>Aseo común 5.2</b>	5,77	1	1	10	1000	1000	173	200	10
<b>Aseo mascu. 5</b>	11,54	6	6	10	1000	6000	520	200	60
<b>Aseo femenino 5</b>	5,77	2	2	10	1000	2000	693	200	20
		2	2	10	1000	2000			20
<b>Almacén 5</b>	6,72	4	4	10	1000	4000	595	300	40
<b>S. de reuniones 5.2</b>	24,21	9	9	24	2400	21600	892	500	216
<b>Escaleras T1</b>	18,29	2	2	24	2400	4800	262	100	48
<b>Escaleras T2</b>	73,16	8	8	29	2900	23200	317	100	232
<b>Escaleras T3</b>	18,29	1	1	12	1200	1200	66	50	12
<b>Cuarto Distr.1</b>	17,24	2	2	10	1000	2000	174	100	20

		1	1	10	1000	1000			10
<b>Cuarto Distr.2</b>	17,24	2	2	10	1000	2000	174	100	20
		1	1	10	1000	1000			10
<b>Cuarto Distr.3</b>	17,24	2	2	10	1000	2000	174	100	20
		1	1	10	1000	1000			10
<b>Cuarto Distr.4</b>	17,24	2	2	10	1000	2000	174	100	20
		1	1	10	1000	1000			10
<b>Cuarto Distr.5</b>	17,24	2	2	10	1000	2000	174	100	20
		1	1	10	1000	1000			10
								<b>Pot. Total (W)</b>	<b>13171</b>



### **ANEXO III: Fichas técnicas**

- III.1. Módulo solar fotovoltaico SPR-MAX3-400-COM.
- III.2. Inversor Fronius Symo 3.
- III.3. Contador bidireccional Fronius Smartmeter 63A-3.
- III.4. Soporte inclinado abierto regulable.
- III.5. Kit de unión de soportes.
- III.6. Canaleta HelaDuct HTWD-HF 40x40.
- III.7. Fusible de cartucho de vidrio RS Pro .
- III.8. Descargador contra sobretensiones multipolar.
- III.9. Interruptor para tensiones hasta 1000 VDC.
- III.10. Magnetotérmico EPB-63M-DC.
- III.11. Magnetotérmico, Acti9 iK60N.
- III.12. Interruptor diferencial Legrand TX3.
- III.13. Fusible Cilíndrico 25A.
- III.14. Armario mural de chapa de acero.
- III.15. Chasis AC04030R5.
- III.10. Tubo LED 8 W.
- III.11. Tubo LED 14,5 W.
- III.12. Tubo LED 20 W.
- III.13. Bombilla LED 10 W.
- III.14. Lámina solar Stainless Steel 25



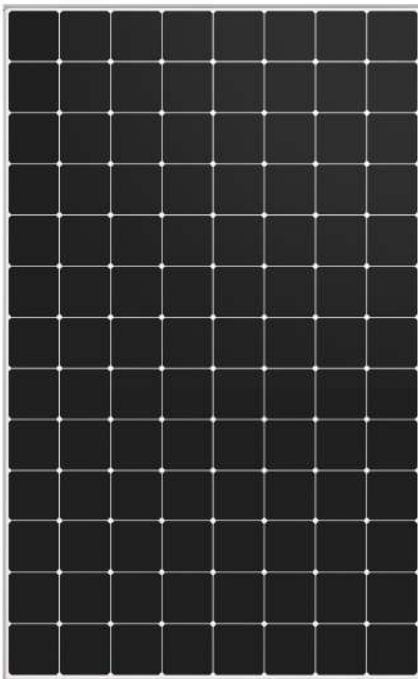
Contacto trasero



Marco plateado de la lámina trasera blanca



Comercial



## MAXEON 3 COM

RANGO DE POTENCIA: 370-400 W | EFICIENCIA: hasta un 22,6%

Parte de la línea de productos SunPower Maxeon, que bate récords, el panel solar SunPower Maxeon 3 ofrece la mayor eficiencia disponible en el mercado actual, maximizando la producción de energía a largo plazo, así como el potencial de ahorro por espacio disponible.<sup>1</sup>

Los paneles SunPower Maxeon, mundialmente conocidos por sus ventajas en cuanto a producción y ahorro de energía, combinan una eficiencia y fiabilidad inigualables con una garantía líder en el sector y una vida útil estimada de 40 años.<sup>2,3,4</sup>

### Tecnología de células solares SunPower Maxeon

- Tecnología de probada eficacia en 3500 millones de células despachadas
- La tecnología solar más eficiente comercializada<sup>1</sup>
- La única célula solar con una base de metal sólido, que proporciona protección patentada contra roturas y corrosión



#### Máximos ahorro y energía a lo largo de su vida útil

El panel solar SunPower Maxeon 3 está diseñado para proporcionar un 35 % más de energía en el mismo espacio durante 25 años en condiciones reales, como periodos de sombra parcial y altas temperaturas.<sup>5,6,7</sup>

#### Un mejor producto. Una mejor garantía.

La Garantía de paneles de total confianza de SunPower a 25 años está respaldada por pruebas y datos de campo de más de 30 millones de paneles SunPower Maxeon desplegados, y una tasa demostrada de devolución de paneles en garantía del 0,005 %.<sup>8</sup>



- |  |       |
|--|-------|
| • Potencia mínima garantizada en el año 1  | 98,0% |
| • Degradación máxima anual                 | 0,25% |
| • Potencia mínima garantizada en el año 25 | 92,0% |

#### Liderazgo en fabricación sostenible

Los paneles SunPower Maxeon, y las instalaciones en las que se fabrican, suben el listón en cuanto a responsabilidad medioambiental y social. A continuación incluimos los aspectos más destacados de las certificaciones y reconocimientos recibidos por algunos de nuestros productos y centros de fabricación.



Declare.



Landfill-Free Facility  
NSF P445

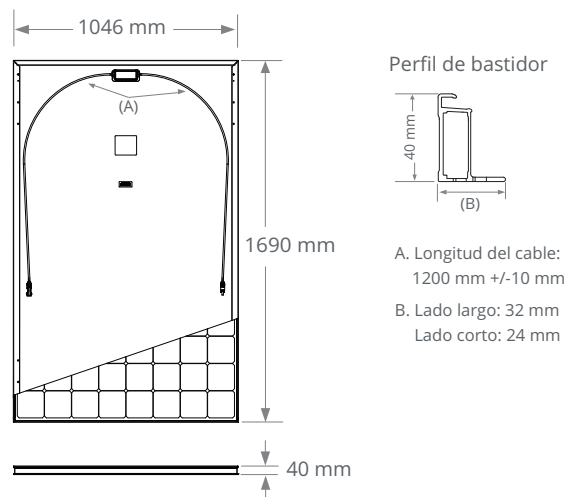


Datos eléctricos			
	SPR-MAX3-400-COM	SPR-MAX3-390-COM	SPR-MAX3-370-COM
Potencia nominal (Pnom) <sup>9</sup>	400 W	390 W	370 W
Tolerancia de potencia	+5/0%	+5/0%	+5/0%
Eficiencia de los paneles	22,6%	22,1%	20,9%
Tensión nominal (Vmpp)	65,8 V	64,5 V	61,8 V
Intensidad nominal (Impp)	6,08 A	6,05 A	5,99 A
Tensión de circuito abierto (Voc) (+/-3)	75,6 V	75,3 V	74,7 V
Intensidad de cortocircuito (Isc) (+/-3)	6,58 A	6,55 A	6,52 A
Máx. tensión del sistema	1000 V IEC		
Fusible de serie máxima	20 A		
Coef. potencia-temperatura	-0,27% / °C		
Coef. tensión-temperatura	-0,236% mV / °C		
Coef. intensidad-temperatura	0,058% mA / °C		

Condiciones de funcionamiento y datos mecánicos	
Temperatura	-40°C a +85°C
Resistencia a impactos	Granizo de 25 mm de diámetro a 23 m/s
Células solares	104 Maxison Gen III monocristalino
Cristal templado	Templado antirreflectante de alta transmisión
Caja de conexión	IP-68, Stäubli (MC4), 3 diodos de derivación
Peso	19 kg
Máx. carga <sup>11</sup>	Viento: 2400 Pa, 244 kg/m <sup>2</sup> en cara frontal y posterior Nieve: 5400 Pa, 550 kg/m <sup>2</sup> en cara frontal
Bastidor	Anodizado plata de clase 2

Pruebas y certificaciones	
Pruebas estándar <sup>10</sup>	IEC 61215, IEC 61730
Certificados de gestión de calidad	ISO 9001:2015, ISO 14001:2015
Prueba de amoniacó	IEC 62716
Prueba de soplado de arena	MIL-STD-810G
Prueba de niebla salina	IEC 61701 (máxima severidad)
Prueba PID	1000 V: IEC 62804
Normas disponibles	TUV

Pruebas y certificaciones de sostenibilidad	
Etiqueta Declare IFLL	Primer panel solar con etiquetado para la transparencia de ingredientes y el cumplimiento de LBC. <sup>12</sup>
Cradle to Cradle Certified™ Bronze.	Primera línea de paneles solares con certificado por la salud de los materiales, administración del agua, reutilización de materiales, uso de energía renovable y manejo de carbono y justicia social. <sup>13</sup>
Contribución a la certificación del Green Building Council	Los paneles pueden aportar puntos adicionales para la obtención de las certificaciones LEED y BREEAM. <sup>14</sup>
Conformidad con EHS	RoHS (pendiente), OHSAS 18001:2007, sin plomo, REACH SVHC-163 (pendiente)



Lea la guía de instalación y seguridad.

1 Según un análisis de las fichas técnicas en los sitios web de los 20 principales fabricantes realizado por IHS en enero de 2020.

2 Jordan et al. Metodología y aplicación sobre la degradación de células fotovoltaicas robustas. PVSC 2018.

3 Dato basado en la revisión de garantías en los sitios web de los 20 principales fabricantes por parte de IHS 2019, realizada en octubre de 2019.

4 Documento técnico de SunPower "Módulos SunPower con una vida útil de 40 años". 2013.

5 El panel SunPower 400 W tiene el 22,6 % de eficiencia en comparación con un panel convencional en matrices del mismo tamaño (PERC monocristalino de 310 W, 19 % de eficiencia, aprox. 1,64 m<sup>2</sup>)

6 "Estudio de sombras de SunPower" de PV Evolution Labs, 2013. Comparado con un panel de contacto frontal convencional.

7 Datos de los coeficientes de temperatura ofrecidos en las fichas técnicas de los fabricantes en 2020.

8 Los paneles de SunPower tienen menos de 50 piezas defectuosas por millón, o un 0,005 %, en más de 15 millones de paneles vendidos - Fuente: Documento técnico de SunPower, 2019.

9 Condiciones de prueba estándar (irradiancia de 1000 W/m<sup>2</sup>, AM 1,5, 25 °C). Intensidad según SOMS, tensión según LACCS FF.

10 Calificación antiincendios de clase C según IEC 61730.

11 Factor de seguridad 1.5 incluido.

12 Los paneles SunPower Maxison DC fueron los primeros en recibir el sello International Living Future Institute Declare Label en 2016.

13 Los paneles SunPower Maxison DC cuentan con la certificación Cradle to Cradle Certified™ Bronze - www.c2ccertified.org/products/scorecard/e-series\_x-series\_solar\_panels\_-sunpower\_corporation. Cradle to Cradle Certified™ Bronze. Cradle to Cradle Certified™ es una marca de certificación con licencia del Cradle to Cradle Products Innovation Institute.

14 Los paneles Maxison pueden contribuir a obtener puntos en las categorías de materiales y recursos LEED y para la certificación BREEAM.

Diseñado en Estados Unidos por SunPower Corporation

Fabricado en Filipinas (células)

Montado en México (módulos)

Las especificaciones incluidas en esta ficha técnica están sujetas a cambios sin previo aviso.

©2020 Maxison Solar Technologies. Todos los derechos reservados. Consulte la información sobre la garantía, patentes y marcas comerciales en maxeon.com/legal.

# FRONIUS SYMO

/ Máxima flexibilidad para las aplicaciones del futuro

/ Tecnología  
SnapINverter/ Comunicación  
de datos integrada/ Diseño  
SuperFlex/ Seguimiento  
inteligente GMP/ Smart Grid  
Ready

/ Inyección cero



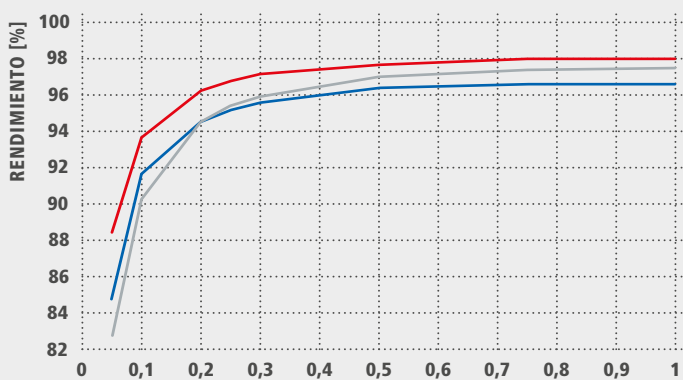
/ Con un rango de potencia nominal entre 3,0 y 20,0 kW, el Fronius Symo es el inversor trifásico sin transformador para todo tipo de instalaciones. Gracias a su flexible diseño, el Fronius Symo es perfecto para instalaciones en superficies irregulares o para tejados con varias orientaciones. La conexión 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. El inversor Fronius Symo puede completarse de manera opcional con un Fronius Smart Meter, que es un equipo que envía la información más completa al sistema de monitorización, consiguiendo además, que el inversor no incluya energía a la red eléctrica.

## 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
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc \text{ máx. } 1} / I_{dc \text{ máx. } 2}^{1)}$				16 A / 16 A		
Máx. corriente de cortocircuito por serie FV (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> <sup>1)</sup> )				24 A / 24 A		
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc \text{ mín.}}$ )				150 V		
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc \text{ arranque}}$ )				200 V		
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )				595 V		
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc \text{ máx.}}$ )				1.000 V		
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$ )	200 - 800 V	250 - 800 V	300 - 800 V		150 - 800 V	
Número de seguidores MPP		1			2	
Número de entradas CC		3			2+2	
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc \text{ máx.}}$ )	6,0kW pico	7,4kW pico	9,0kW pico	6,0kW pico	7,4kW pico	9,0kW pico
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
Máxima corriente de salida ( $I_{ac \text{ máx.}}$ )	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.			0,85 - 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</sup> <sup>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</sup> <sup>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					

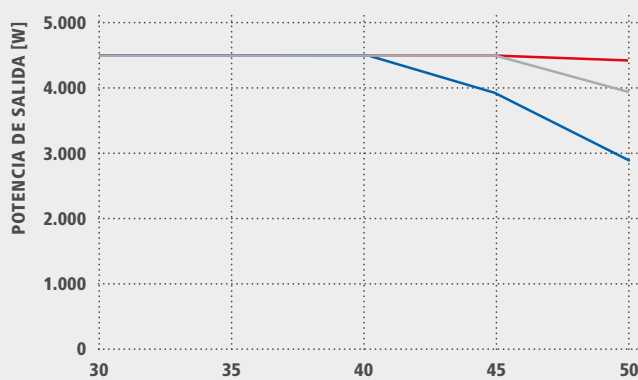
<sup>1)</sup> Esto se aplica a Fronius Symo 3.0-3-M, 3.7-3-M y 4.5-3-M.<sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1.<sup>3)</sup> 16 mm<sup>2</sup> sin necesidad de terminales de conexión. Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

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



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA  $P_{Ac}/P_{Ac,R}$  ■ 300 V<sub>DC</sub> ■ 595 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

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



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 300 V<sub>DC</sub> ■ 630 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

## 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 %
$\eta$ con 5 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	80,3 / 83,6 / 79,1 %	83,4 / 86,4 / 80,6 %	84,8 / 88,5 / 82,8 %	79,8 / 85,1 / 80,8 %	81,6 / 87,8 / 82,8 %	83,4 / 90,3 / 85,0 %
$\eta$ con 10 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	87,8 / 91,0 / 86,2 %	90,1 / 92,5 / 88,7 %	91,7 / 93,7 / 90,3 %	86,5 / 91,6 / 87,7 %	87,9 / 93,6 / 90,5 %	89,2 / 94,1 / 91,2 %
$\eta$ con 20 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	92,6 / 95,0 / 92,6 %	93,7 / 95,7 / 93,6 %	94,6 / 96,3 / 94,5 %	90,8 / 95,3 / 93,0 %	91,9 / 96,0 / 94,1 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %
$\eta$ con 25 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	93,4 / 95,6 / 93,8 %	94,5 / 96,4 / 94,7 %	95,2 / 96,8 / 95,4 %	91,9 / 96,0 / 94,2 %	92,9 / 96,6 / 95,2 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %
$\eta$ con 30 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	94,0 / 96,3 / 94,5 %	95,0 / 96,7 / 95,4 %	95,6 / 97,2 / 95,9 %	92,8 / 96,5 / 95,1 %	93,5 / 97,0 / 95,8 %	94,2 / 97,3 / 96,3 %
$\eta$ con 50 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	95,2 / 97,3 / 96,3 %	96,9 / 97,6 / 96,7 %	96,4 / 97,7 / 97,0 %	94,3 / 97,5 / 96,5 %	94,6 / 97,7 / 96,8 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %
$\eta$ con 75 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	95,6 / 97,7 / 97,0 %	96,2 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 98,0 / 97,4 %	94,9 / 97,8 / 97,2 %	95,0 / 97,9 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %
$\eta$ con 100 % $P_{Ac,r}$ <sup>1)</sup>	95,6 / 97,9 / 97,3 %	96,2 / 98,0 / 97,5 %	96,6 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,4 %	95,1 / 98,0 / 97,5 %	95,0 / 98,0 / 97,6 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %					

<sup>1)</sup> Y con  $U_{mpp\ min.} / U_{dcr} / U_{mpp\ máx.}$

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 digitales 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>2)</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
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc \text{ máx. } 1} / I_{dc \text{ máx. } 2}$ )	16 A / 16 A			
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP <sub>1</sub> /MPP <sub>2</sub> )	24 A / 24 A			
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc \text{ mín.}}$ )	150 V			
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc \text{ arranque}}$ )	200 V			
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )	595 V			
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc \text{ máx.}}$ )	1.000 V			
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp \text{ mín.}} - U_{mpp \text{ máx.}}$ )	163 - 800 V	195 - 800 V	228 - 800 V	267 - 800 V
Número de seguidores MPP	2			
Número de entradas CC	2 + 2			
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc \text{ máx.}}$ )	10,0kW pico	12,0kW pico	14,0kW pico	16,4kW pico

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
Máxima corriente de salida ( $I_{ac \text{ máx.}}$ )	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 ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	0,85 - 1 ind. / cap.			

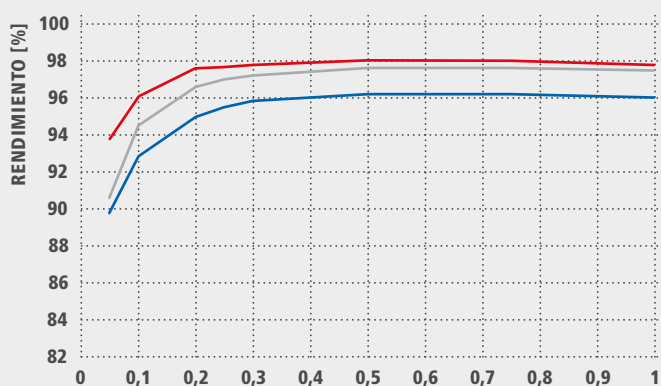
DATOS GENERALES	SYMO 5.0-3-M	SYMO 6.0-3-M	SYMO 7.0-3-M	SYMO 8.2-3-M
Dimensiones (altura x anchura x profundidad)	645 x 431 x 204 mm			
Peso	19,9 kg			21,9 kg
Tipo de protección	IP 65			
Clase de protección	1			
Categoría de sobretensión (CC / CA) <sup>1)</sup>	2 / 3			
Consumo nocturno	< 1 W			
Concepto 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</sup> <sup>2)</sup>			
Tecnología de conexión principal	5 polos CA bornes roscados 2,5 - 16mm <sup>2</sup> <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 0-21, NRS 097			

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

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

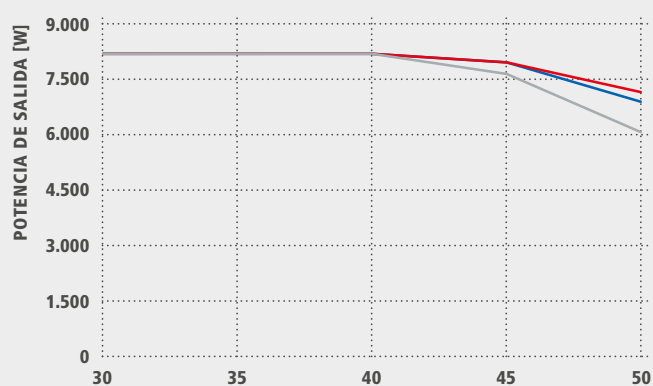
Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

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



POTENCIA DE SALIDA NORMALIZADA  $P_{AC}/P_{AC,R}$  ■ 258 V<sub>DC</sub> ■ 595 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

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



TEMPERATURA AMBIENTE [°C] ■ 258 V<sub>DC</sub> ■ 595 V<sub>DC</sub> ■ 800 V<sub>DC</sub>

## 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 %
$\eta$ con 5 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	84,9 / 91,2 / 85,9 %	87,8 / 92,6 / 87,8 %	88,7 / 93,1 / 89,0 %	89,8 / 93,8 / 90,6 %
$\eta$ con 10 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	89,9 / 94,6 / 91,7 %	91,3 / 95,6 / 93,0 %	92,0 / 95,9 / 94,7 %	92,8 / 96,1 / 94,5 %
$\eta$ con 20 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	93,2 / 96,7 / 95,4 %	94,1 / 97,1 / 95,9 %	94,5 / 97,3 / 96,3 %	95,0 / 97,6 / 96,6 %
$\eta$ con 25 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	93,9 / 97,2 / 96,0 %	94,7 / 97,5 / 96,5 %	95,1 / 97,6 / 96,7 %	95,5 / 97,7 / 97,0 %
$\eta$ con 30 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	94,5 / 97,4 / 96,5 %	95,1 / 97,7 / 96,8 %	95,4 / 97,7 / 97,0 %	95,8 / 97,8 / 97,2 %
$\eta$ con 50 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	95,2 / 97,9 / 97,3 %	95,7 / 98,0 / 97,5 %	95,9 / 98,0 / 97,5 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
$\eta$ con 75 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	95,3 / 98,0 / 97,5 %	95,7 / 98,0 / 97,6 %	95,9 / 98,0 / 97,6 %	96,2 / 98,0 / 97,6 %
$\eta$ con 100 % $P_{AC,r}$ <sup>1)</sup>	95,2 / 98,0 / 97,6 %	95,7 / 97,9 / 97,6 %	95,8 / 97,9 / 97,5 %	96,0 / 97,8 / 97,5 %
Rendimiento de adaptación MPP	> 99,9 %			

<sup>1)</sup> Y con  $U_{mpp\ min.} / U_{dcr} / U_{mpp\ máx.}$

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 digitales 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>2)</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
Máxima corriente de entrada ( $I_{dc\ máx. 1} / I_{dc\ máx. 2}$ )	27 A / 16,5 A <sup>1)</sup>		33 A / 27 A		
Máxima corriente de entrada total utilizada ( $I_{dc\ máx. 1} + I_{dc\ máx. 2}$ )	43,5 A		51,0 A		
Máxima corriente de cortocircuito por serie FV (MPP <sub>1</sub> / MPP <sub>2</sub> )	40,5 A / 24,8 A		49,5 A / 40,5 A		
Mínima tensión de entrada ( $U_{dc\ mín.}$ )	200 V				
Tensión CC mínima de puesta en servicio ( $U_{dc\ arranque}$ )	200 V				
Tensión de entrada nominal ( $U_{dc,r}$ )	600 V				
Máxima tensión de entrada ( $U_{dc\ máx.}$ )	1.000 V				
Rango de tensión MPP ( $U_{mpp\ mín.} - U_{mpp\ máx.}$ )	270 - 800 V	320 - 800 V		370 - 800 V	420 - 800 V
Número de seguidores MPP	2				
Número de entradas CC	3+3				
Máxima salida del generador FV ( $P_{dc\ máx.}$ )	15,0 kW <sub>peak</sub>	18,8 kW <sub>peak</sub>	22,5 kW <sub>peak</sub>	26,3 kW <sub>peak</sub>	30,0 kW <sub>peak</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
Máxima corriente de salida ( $I_{ac\ máx.}$ )	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 ( $\cos \varphi_{ac,r}$ )	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>	1 + 2 / 3				
Consumo nocturno	< 1 W				
Concepto de inversor	Sin Transformador				
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada				
Instalación	Instalación interior y exterior				
Margen de temperatura ambiente	-40 - +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				

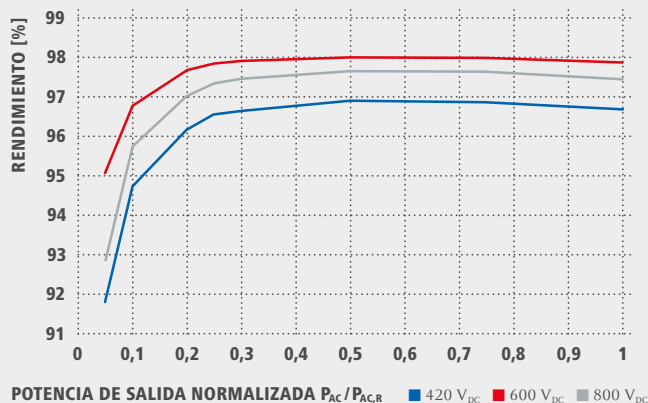
<sup>1)</sup> 14,0 A para tensiones < 420 V

<sup>2)</sup> De acuerdo con IEC 62109-1. Disponible rail DIN opcional para tipo 1 + 2 y tipo 2 de protección de sobretensión.

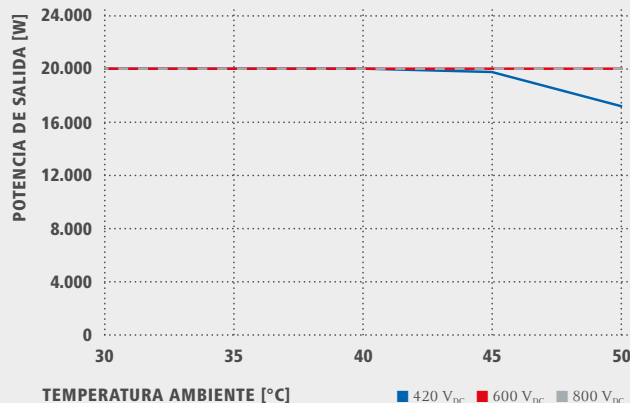
Más información sobre la disponibilidad de inversores en su país en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).



## 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 %				
Rendimiento europeo ( $\eta_{EU}$ )	97,4%	97,6 %	97,8 %	97,8 %	97,9 %
$\eta$ con 5 % $P_{AC,r}^{1)}$	87,9 / 92,5 / 89,2 %	88,7 / 93,1 / 90,1 %	91,2 / 94,8 / 92,3 %	91,6 / 95,0 / 92,7 %	91,9 / 95,2 / 93,0 %
$\eta$ con 10 % $P_{AC,r}^{1)}$	91,2 / 94,9 / 92,8 %	92,9 / 96,1 / 94,6 %	93,4 / 96,0 / 94,4 %	94,0 / 96,4 / 95,0 %	94,8 / 96,9 / 95,8 %
$\eta$ con 20 % $P_{AC,r}^{1)}$	94,6 / 97,1 / 96,1 %	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,9 / 97,4 / 96,7 %	96,1 / 97,6 / 96,9 %	96,3 / 97,8 / 97,1 %
$\eta$ con 25 % $P_{AC,r}^{1)}$	95,4 / 97,3 / 96,6 %	95,6 / 97,6 / 97,0 %	96,2 / 97,6 / 97,0 %	96,4 / 97,8 / 97,2 %	96,7 / 97,9 / 97,4 %
$\eta$ con 30 % $P_{AC,r}^{1)}$	95,6 / 97,5 / 96,9 %	95,9 / 97,7 / 97,2 %	96,5 / 97,8 / 97,3 %	96,6 / 97,9 / 97,4 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
$\eta$ con 50 % $P_{AC,r}^{1)}$	96,3 / 97,9 / 97,4 %	96,4 / 98,0 / 97,5 %	96,9 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %
$\eta$ con 75 % $P_{AC,r}^{1)}$	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 98,0 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,8 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %
$\eta$ con 100 % $P_{AC,r}^{1)}$	96,5 / 98,0 / 97,6 %	96,5 / 97,8 / 97,6 %	97,0 / 98,1 / 97,7 %	96,9 / 98,1 / 97,6 %	96,8 / 98,0 / 97,6 %
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	Sí				
Comportamiento de sobrecarga	Desplazamiento del punto de trabajo, limitación de potencia				
Seccionador CC	Sí				
Protección contra polaridad inversa	Sí				
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 digitales 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 SO-Meter / Input para la protección contra sobretensión				
RS485	Modbus RTU SunSpec o conexión del contador				

<sup>1)</sup>  $\gamma$  con  $U_{mpp\ min.} / U_{dc,r} / U_{mpp\ max.}$  <sup>2)</sup> También disponible en la versión light.

/ Perfect Welding / Solar Energy / Perfect Charging

### SOMOS TRES DIVISIONES CON UNA MISMA PASIÓN: SUPERAR LÍMITES.

/ No importa si se trata de tecnología de soldadura, energía fotovoltaica o tecnología de carga de baterías, nuestra exigencia está claramente definida: ser líder en innovación. Con nuestros más de 3.000 empleados en todo el mundo superamos los límites y nuestras más de 1.000 patentes concedidas son la mejor prueba. Otros se desarrollan paso a paso. Nosotros siempre damos saltos de gigante. Siempre ha sido así. El uso responsable de nuestros recursos constituye la base de nuestra actitud empresarial.

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)

v04 Nov 2014 ES

Fronius España S.L.U.  
Parque Empresarial LA CARPETANIA  
Miguel Faraday 2  
28906 Getafe (Madrid)  
España  
Teléfono +34 91 649 60 40  
Fax +34 91 649 60 44  
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

Contador bidireccional para registrar el consumo de energía en su hogar



El Fronius Smart Meter es un contador bidireccional que optimiza el autoconsumo y registra la curva de consumo de su hogar. Gracias a la medición de alta precisión y la rápida comunicación a través del interface Modbus RTU, la limitación de potencia remota, cuando hay límites impuestos, es más rápida y precisa que con el controlador S0.

Junto con Fronius Solar.web, ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar. Para la solución de almacenaje Fronius Energy Package basada en el Fronius Symo Hybrid, el Fronius Smart Meter permite realizar una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía, optimizando así la energía total. Es perfecto para su uso junto al Fronius Symo, Fronius Symo Hybrid, Fronius Galvo, Fronius Primo, Fronius Eco y Fronius Datamanager 2.0.

## FRONIUS SMART METER

DATOS TÉCNICOS	FRONIUS SMART METER 63A-3	FRONIUS SMART METER 50KA-31)	FRONIUS SMART METER 63A-1
Tensión nominal	400 – 415 V	400 – 415 V	230 – 240 V
Rango de frecuencia de red		50 a 60 Hz	
Máxima corriente	3 x 63 A	3 x 50.000 A	1 x 63 A
Sección de cable de entrada	1 – 16 mm <sup>2</sup>	0,05 - 4 mm <sup>2</sup>	1 – 16 mm <sup>2</sup>
Sección de cable de comunicación y neutro		0,05 – 4 mm <sup>2</sup>	
Consumo de energía	1,5 W	2,5 W	1,5 W
Intensidad de inicio		40 mA	
Clase de precisión		1	
Precisión de energía activa		Class B (EN50470)	
Precisión de energía reactiva		Class 2 (EN/IEC 62053-23)	
Sobrecorriente de corta duración		30 x Imáx. / 0,5 s	
Montaje		Interior (Carril DIN)	
Carcasa (ancho)	4 módulos DIN 43880	4 módulos DIN 43880	2 módulos DIN 43880
Tipo de protección		IP 51 (marco frontal), IP 20 (terminales)	
Rango de temperatura de operación	-25 - +55°C	-5 - +55°C	-25 - + 55°C
Dimensiones (Altura x Anchura x Profundidad)	89mm x 71,2mm x 65,6mm	89mm x 71,2mm x 65,6mm	89mm x 35mm x 65,6mm
Interface para el inversor		Modbus RTU (RS485)	
Display	8 dígitos LCD	8 dígitos LCD	6 dígitos LCD

<sup>1)</sup> Disponible sin transformador de corriente. Más información sobre la correcta elección de los transformadores en [www.fronius.es](http://www.fronius.es).

## VENTAJAS

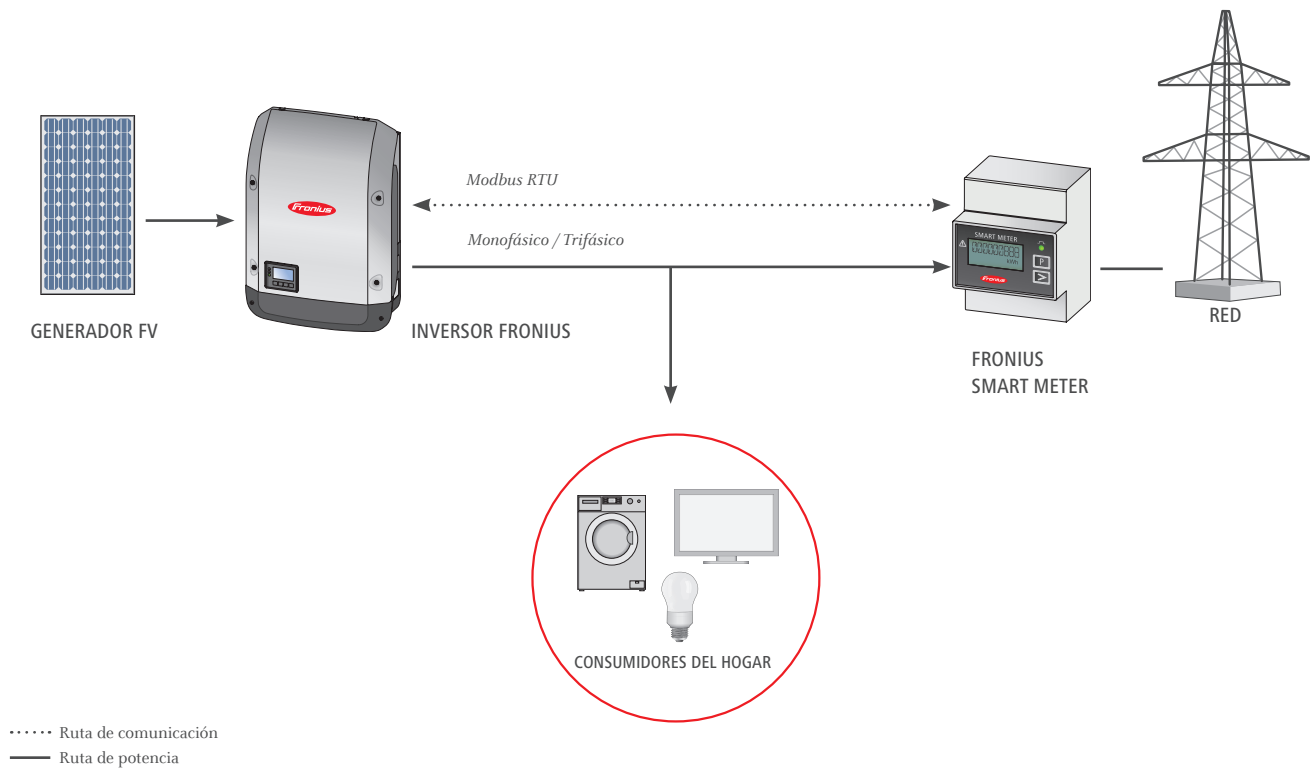
/ Limitación de potencia remota rápida y precisa

/ Junto con el Fronius Solar.web ofrece una visión detallada del consumo de energía en su hogar

/ Optimiza la gestión de energía con la solución de almacenaje Fronius Energy Package



## ESQUEMA DE CONFIGURACIÓN



El Fronius Smart Meter es compatible con todos los inversores con un Interface RS485 (Modbus RTU). El Fronius Smart Meter funciona en paralelo con el Datamanager 2.0 para los inversores Fronius IG Plus. El Fronius Smart Meter 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 BUSINESS UNITS, UNA MISMA PASIÓN: TECNOLOGÍA QUE MARCA PAUTAS.

Lo que en 1945 comenzó como una empresa unipersonal, en la actualidad marca las pautas tecnológicas en los sectores de tecnología de soldadura, fotovoltaica y carga de baterías. Actualmente trabajamos en todo el mundo con nuestros 3.800 empleados y las 1.242 patentes concedidas para los desarrollos de productos, resaltando el espíritu innovador de nuestra empresa. Para nosotros, la expresión „desarrollo sostenible“ significa llevar a la práctica puntos de vista sociales y relevantes para el medio ambiente, de modo equitativo con los factores económicos. En este sentido, nuestra exigencia jamás ha cambiado: ser líderes en innovación.

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

# Ficha técnica

## Soporte inclinado abierto regulable para cubierta plana

# 12V



- Soporte inclinado para cubierta de hormigón o subestructura.
- Anclaje a hormigón.
- Soporte premontado.
- Regulable de 20° a 35°
- Disposición de los módulos: Vertical.
- Valido para espesores de módulos de 30 hasta 45 mm.
- Tornillería de anclaje no incluida.
- Kits disponibles de 1 hasta 6 módulos.

Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento)

Materiales: Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6  
Tornillería de acero inoxidable A2-70

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

### Dos opciones:

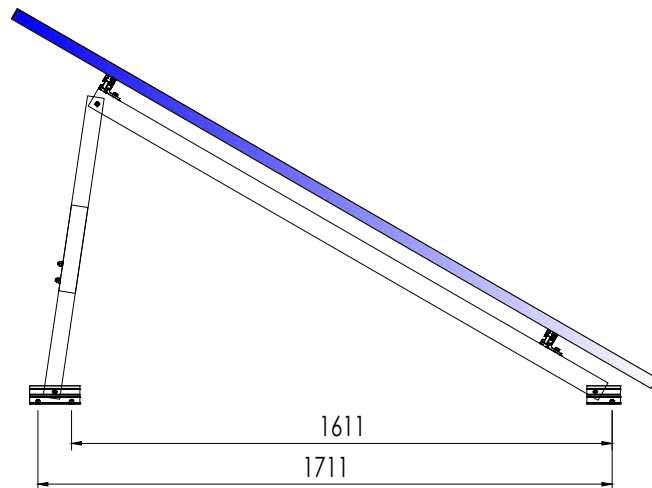
Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit



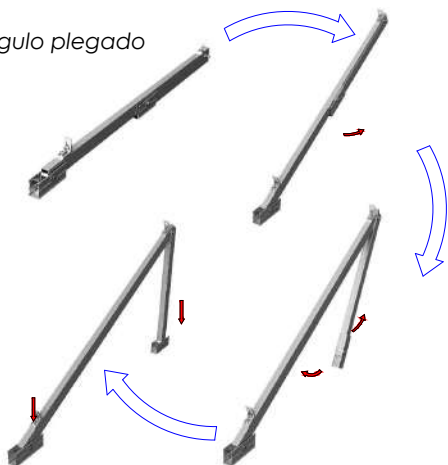
Para módulos de hasta 2400x1350 - Sistema PS



Perfil compatible G1

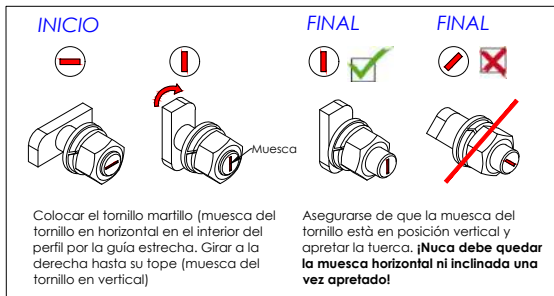


Triángulo plegado



Par de apriete:	
Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Apriete de las uniones y anclaje al suelo mediante tornillo de hasta M10.



Herramientas necesarias:



Seguridad:



Reservado el derecho a efectuar modificaciones. Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

# S15 - Kit de unión



1.

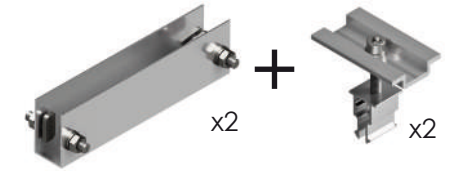
Kit existente (para 2 módulos)



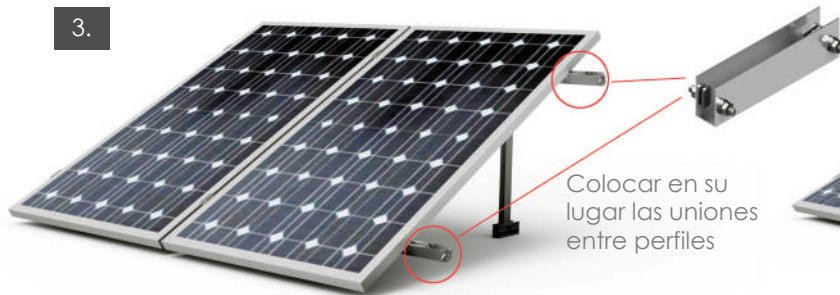
2.

Kit existente (para 2 módulos)

Extraer los presores laterales del extremo a unir



Ejemplo para S15 - Kit de unión para soportes verticales, (excepto modelos 14V/14.1V y 15V)



3.

Kit existente (para 2 módulos)

Colocar en su lugar las uniones entre perfiles

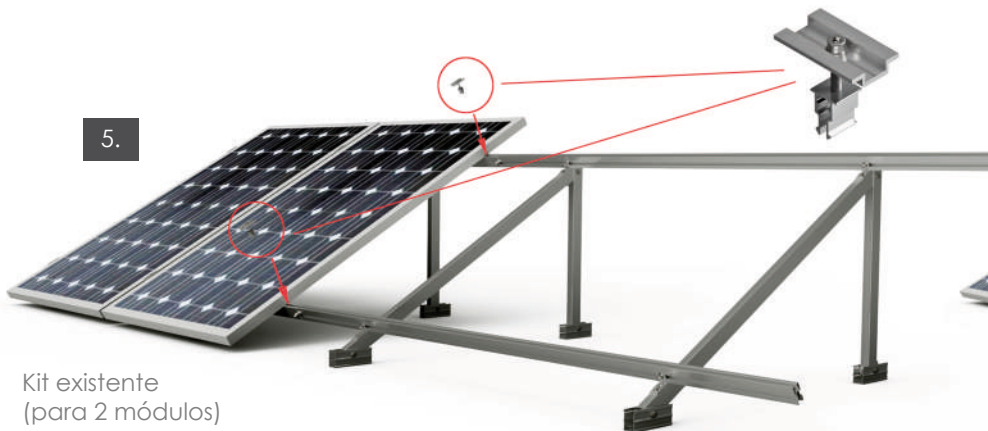


4.

Kit existente (para 2 módulos)

Kit nuevo (para 2 módulos)

Montar el kit nuevo y unirlo a las uniones entre perfiles



5.

Kit existente (para 2 módulos)

Kit nuevo (para 2 módulos)

Colocar los presores centrales suministrados en el kit S15 en los últimos módulos del kit existente



6.

Montar los módulos del kit nuevo. Le deberán sobrar los 2 presores laterales del kit existente y 2 del kit nuevo, no son necesarios

Par de apriete:	
Tornillo Presor	7 Nm
Tornillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tornillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tornillo M6.3 Hexagonal	10 Nm

Herramientas necesarias:



Seguridad:





### Canal Ranurado Libre de Halógenos

#### HelaDuct HTWD-HF (medidas métricas)

HelaDuct HTWD-HF es utilizado para la organización y protección de cables en armarios o cuadros eléctricos en los que se necesita una alta seguridad personal o material en caso de fuego, como por ejemplo en el transporte público, túneles, centros de procesamiento de datos o edificios públicos.

#### Características y Beneficios

- Excelentes características de seguridad contra incendios acordes a UL94 y EN 45545-2
- Ranuras estrechas apropiadas para cables o hilos de pequeño diámetro
- Bordes lisos y sin rebabas, para proteger al operario de lesiones y daños en los cables
- Las pestañas se pueden quitar sin dejar bordes afilados debido a los puntos de corte
- Además, poseen puntos de corte de la pared lateral también junto a la base, que permiten cortar y eliminar secciones de pared lateral sin dejar bordes afilados
- Las tapas se sujetan de forma segura incluso en una posición vertical y bajo vibración
- Las tapas quedan a ras con el lateral del canal, lo que permite colocaciones pegadas, contiguas de otros canales
- Perforación de la base de acuerdo con DIN EN 50085

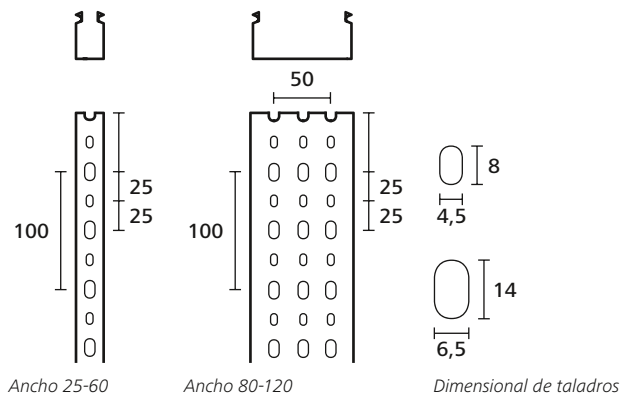


HelaDuct HTWD-HF - canal ranurado libre de halógenos.

<b>MATERIAL</b>	Acilonitrilo Butadeno Estireno con Policarbonato (PC/ABS)
<b>Color</b>	Gris (GY)
<b>Long. (L)</b>	2 m
<b>Temp. Trabajo</b>	-25 °C a +90 °C
<b>Flamabilidad</b>	UL94 V0
<b>EN 45545-2 Clasif.</b>	R22 HL2, R23 HL2



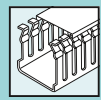
#### Taladros para acc. DIN EN 50085 canal ranurado HTWD-HF



EN 45545-2

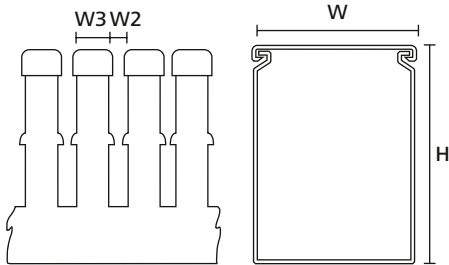


Para Productos con Aprobaciones y Especificaciones Específicas, por favor ver el Apéndice.



### Canal Ranurado Libre de Halógenos

HelaDuct HTWD-HF (medidas métricas)



Canal Ranurado HelaDuct HTWD-HF

TIPO	Ancho (W)	Alt. (H)	Ancho (W2)	Ancho (W3)	Contenido	Código
HTWD-HF-25X25	25	25	6	6,5	50 m	183-22525
HTWD-HF-25X40	25	40	6	6,5	48 m	183-22540
HTWD-HF-25X60	25	60	6	6,5	60 m	183-25060
HTWD-HF-25X80	25	80	6	6,5	20 m	183-22580
HTWD-HF-40X25	40	25	6	6,5	48 m	183-24025
HTWD-HF-40X40	40	40	6	6,5	50 m	183-24040
HTWD-HF-40X60	40	60	6	6,5	40 m	183-24060
HTWD-HF-40X80	40	80	6	6,5	20 m	183-24080
HTWD-HF-60X40	60	40	6	6,5	40 m	183-26040
HTWD-HF-60X60	60	60	6	6,5	24 m	183-26060
HTWD-HF-60X80	60	80	6	6,5	20 m	183-26080
HTWD-HF-60X100	60	100	6	6,5	12 m	183-26010
HTWD-HF-80X40	80	40	6	6,5	20 m	183-28040
HTWD-HF-80X60	80	60	6	6,5	20 m	183-28060
HTWD-HF-80X80	80	80	6	6,5	12 m	183-28080
HTWD-HF-80X100	80	100	6	6,5	10 m	183-28010
HTWD-HF-100X40	100	40	6	6,5	20 m	183-22040
HTWD-HF-100X60	100	60	6	6,5	16 m	183-21060
HTWD-HF-100X80	100	80	6	6,5	12 m	183-21080
HTWD-HF-100X100	100	100	6	6,5	8 m	183-21010
HTWD-HF-120X60	120	60	6	6,5	12 m	183-21260
HTWD-HF-120X80	120	80	6	6,5	16 m	183-21280

Todas las dimensiones están en mm y sujetas a posibles modificaciones técnicas.  
Cantidad mínima de pedido (MOQ) puede diferir del contenido del embalaje.

EN 45545-2



Para Productos con Aprobaciones y Especificaciones Específicas, por favor ver el Apéndice.

## CARACTERÍSTICAS

- Fusible de vidrio (cuerpo de vidrio, tapa de latón chapado en níquel)
- tamaño de cartucho 5mm x 20 mm
- F velocidad nominal
- Conformidad con RoHS; sin plomo

## Fusible de cartucho de vidrio RS Pro, 10A, 5 x 20mm, velocidad F

Código RS 563-643



Los productos con aprobación profesional RS le proporcionan piezas de calidad profesional en todas las categorías de productos. Nuestra gama de productos ha sido probada por ingenieros y proporciona una calidad comparable a las marcas líderes sin pagar un precio superior.



### Descripción del

Este fusible de cartucho está diseñado conforme a las normas internacionales (IEC) para poder usarlo en cualquier lugar del mundo. Está disponible en forma de cartucho y con cable axial. Son ideales para proporcionar protección a dispositivos o circuitos internos contra cortocircuitos y sobrecorriente. Son componentes más débiles a propósito con el objetivo de fundirse cuando la corriente sea demasiado alta. Una vez que el fusible se ha fundido, será necesario sustituirlo para completar el circuito y permitir el flujo de corriente.

### Especificaciones

<b>Cable de conexión</b>	Cobre chapado en estaño-plomo, diámetro Ø0.8mm.
<b>Velocidad del fusible</b>	F
<b>Material del cuerpo</b>	Cuerpo de vidrio/tapas de latón chapado en níquel
<b>Aplicaciones</b>	Industrial, Comercial, Hogar/Residencial, Automoción

### Especificaciones eléctricas

<b>Corriente nominal</b>	10 A
<b>Tensión nominal</b>	250V ac

### Especificaciones mecánicas

<b>Tamaño del fusible</b>	5mm x 20mm
<b>Longitud total</b>	20mm
<b>Diámetro</b>	5mm

## Especificaciones del entorno de funcionamiento

Temperatura de funcionamiento máxima; 90 °C	125 °C.
• Temperatura de funcionamiento mín.: -20 °C	-55°C

## Aprobaciones

Cumplimiento/Certificaciones	RoHS
------------------------------	------

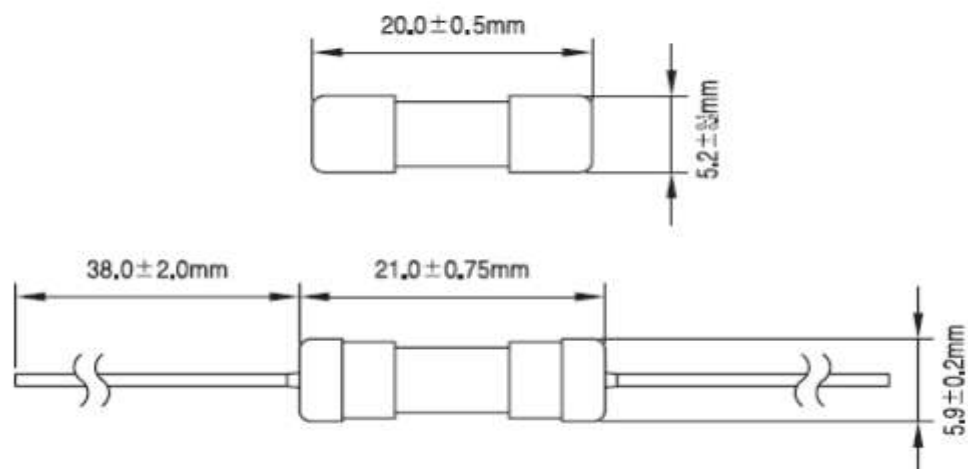


**UFE**

**UFE-A**



**Drawing (mm):**



**Electrical Characteristic:**

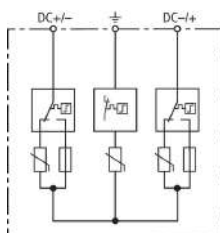
Rated Current	1.5In		2.1In		2.75 In		4 In		10 In	
	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MAX	MAX
63mA~100mA	60	30	10	500	3	100	20			
	min	min	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
125mA~6.3A	60	30	50	2	10	300	20			
	min	min	ms	sec	ms	ms	ms	ms	ms	ms
8A~10A	30	30	50	2	10	400	40			
	min	min	ms	sec	ms	ms	ms	ms	ms	ms

## DG YPV SCI 1000 (950 530)

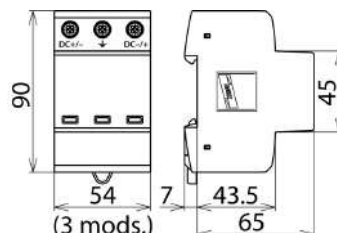
- Unidad completa precableada para utilización en sistemas fotovoltaicos
- Dispositivo combinado de desconexión y cortocircuito con aislamiento eléctrico seguro (tecnología SCI patentada)
- Circuito Y probado y resistente a fallos



Fotografía no vinculante



Esquema del DG YPV SCI 1000



Dimensiones del DG YPV SCI 1000

Descargador contra sobretensiones multipolar, con dispositivo de conmutación DC de 3 etapas para uso en sistemas fotovoltaicos.

Tipo	DG YPV SCI 1000
Art. Nr.	950 530
DPS según EN 50539-11	Tipo 2
Coordinación energética al equipo final ( $\leq 10$ m)	Tipo 2 + Tipo 3
Máx. tensión PV ( $U_{OPV}$ )	1000 V
Resistencia de cortocircuito ( $I_{SCPV}$ )	1000 A
Corriente total de descarga (8/20 $\mu$ s) ( $I_{total}$ )	40 kA
Corriente nominal de descarga (8/20 $\mu$ s) [(DC+/DC-) --> PE] ( $I_n$ )	12.5 kA
Corriente máx. de descarga (8/20 $\mu$ s) [(DC+/DC-) --> PE] ( $I_{max}$ )	25 kA
Nivel de protección ( $U_p$ )	$\leq 4$ kV
Nivel de protección con 5 kA ( $U_p$ )	$\leq 3.5$ kV
Tiempo de respuesta ( $t_A$ )	$\leq 25$ ns
Margen de temperatura de servicio ( $T_U$ )	-40 °C ... +80 °C
Estado operativo / defectuoso	verde / rojo
Número de puertos	1
Sección de conexión (mín.)	1.5 mm <sup>2</sup> rígido / flexible
Sección de conexión (máx.)	35 mm <sup>2</sup> rígido / 25 mm <sup>2</sup> flexible
Montaje sobre	carril DIN 35 mm según EN 60715
Material de la carcasa	termoplástico, rojo, UL 94 V-0
Lugar de instalación	interior
Clase de protección	IP 20
Capacidad	3 módulo(s), DIN 43880
Certificados	KEMA, UL
Peso	300 g
Número aduanero (Nomenclatura Combinada EU)	85363030
GTIN	4013364152960
UPE	1 unidad(es)

Queda reservado el derecho a introducir modificaciones, en cuanto a la redacción, contenidos técnicos e información relativa a medidas, pesos y materiales en función de los avances de la técnica. Las fotografías no son vinculantes.

# SIRCO MC PV IEC 60947-3

Load break switches for photovoltaic applications  
from 25 to 40 A, up to 1000 VDC



SIRCO MC PV 25 A - 1000 VDC  
DIN-rail mounting



SIRCO MC PV 25 A - 1000 VDC  
Door mounting

### The solution for

- > Residential buildings
- > Buildings
- > Solar parks



### Strong points

- > Compact
- > High breaking capacity up to 1000 VDC
- > Safety
- > Easy assembling

### Check it out

- > Need an enclosed switch? No problem with our specific product department. We have solutions for any requirement.



conf\_380\_a\_1\_cat

### Conformity to standards

- > IEC 60947-3
- > UL508i<sup>(1)</sup>



(1) See UL version page 174.

### Approvals and certifications<sup>(1)</sup>



(1) Product reference on request.

## Function

SIRCO MC PV are DC load break switches. They make and break under load conditions and provide optimum safety isolation for any PV circuit.

## Advantages

### Compact

Thanks to its compact design, the space needed within the combiner box or the solar inverter is greatly reduced.

### High breaking capacity up to 1000 VDC

- Making and breaking capacity under load conditions up to 1000 VDC.
- Specific photovoltaic test beyond requirements of IEC 60947-3 standard.

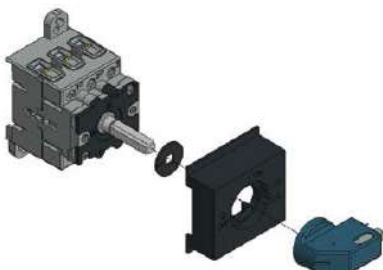
### Safety

- Bridging bars are factory fitted for easier, quicker and safer connection.
- Direct access to connection terminals for adequate tightening.

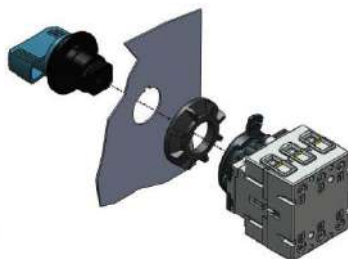
### Easy mounting

Three mounting possibilities are available for optimum integration and time saving:

- DIN-rail or back plate mounting.
- Door mounting.
- "Quick Fix" mounting (quarter turn fixation without tools).



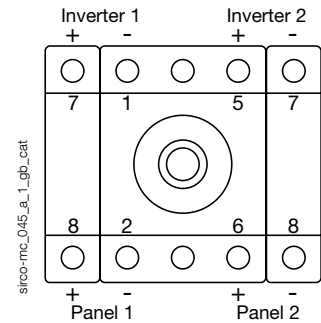
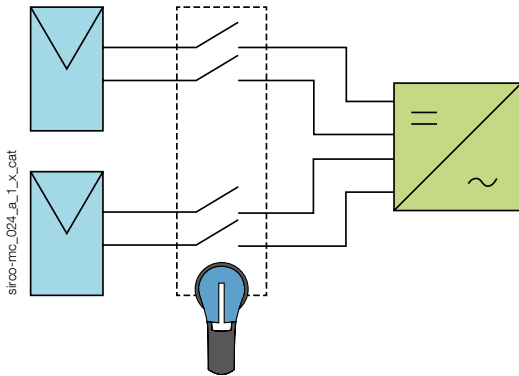
SIRCO MC PV  
DIN-rail mounting



SIRCO MC PV  
Door mounted

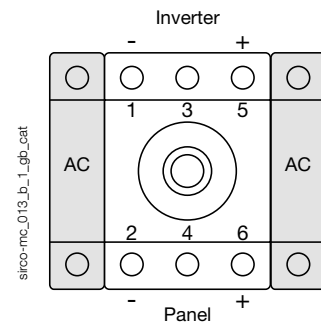
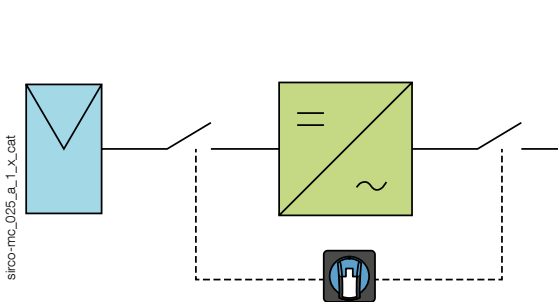
### Multi-circuit switching

- The SIRCO MC PV for dual circuits (2 MPPT: Maximum Power Point Tracking) enables connection of two independent photovoltaic circuits to a single switch in order to reduce the costs of the global solution.



### Completely isolate the inverter within one operation

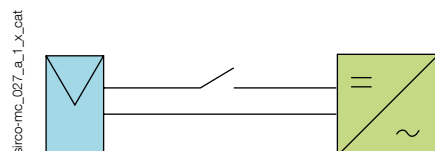
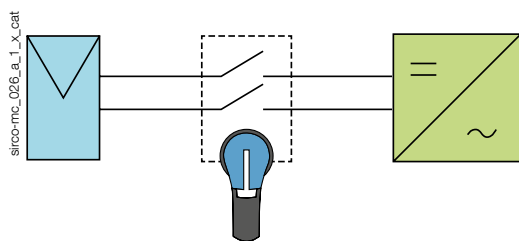
- The SIRCO MC PV with two additional AC poles can be integrated into the inverter to provide complete and simultaneous isolation of the PV and AC circuits. This improves safety and reduces the overall product size.



### What you need to know

For grounded or ungrounded networks:

It is possible to use the SIRCO MC PV in both network systems, either switching one or both polarities.



# SIRCO MC PV IEC 60947-3

Load break switches for photovoltaic applications  
from 25 to 40 A, up to 1000 VDC

## References

### 600 VDC - DIN rail or back plate mounting

Rating (A)	Circuit type	Number of poles by PV polarity <sup>(3)</sup>	No of poles AC current	Switch body	Direct handle <sup>(1)</sup>	External handle	Shaft for external handle	Auxiliary contact
30 A	Single PV circuit	1 P+, 1 P-	-	21PV 2102	MC0 type Blue 2119 0012 <sup>(2)</sup> MC01 type Blue 2119 1012	MC1 type Black IP65 2119 3312 <sup>(2)</sup> Red / Yellow IP65 2119 3313	165 ... 200 mm 2107 0516	1 contact NC+NO 2119 0001
	PV + AC circuit	1 P+, 1P-	2 P	21PV 2162				
	Dual PV circuit	2 x (1P+, 1P-)	-	21PV 5102				
40 A	Single PV circuit	2 P+, 1 P-	-	21PV 3124	MC01 type Blue 2119 1412	Red / Yellow IP65 2119 3313	165 ... 200 mm 2107 0516	1 contact NC+NO 2119 0001
	PV + AC circuit	2 P+, 1 P-	2 P	21PV 3184				
	Dual PV circuit	2 x (1P+, 1P-)	-	21PV 6124				

(1) 45 mm modular DIN front plate included.

(2) Standard handle.

(3) Default connected device (see "Poles connections" page 124).

### 1000 VDC - DIN rail or back plate mounting

Rating (A)	Circuit type	Number of poles by PV polarity <sup>(3)</sup>	No of poles AC current	Switch body	Direct handle <sup>(1)</sup>	External handle	Shaft for external handle	Auxiliary contact
25 A	Single PV circuit	2 P+, 1 P-	Please consult us	21PV 3722	MC0 type Blue 2119 0012 <sup>(2)</sup> MC01 type Blue 2119 1012	Black MC1 type IP65 2119 3312 <sup>(2)</sup>	165 ... 200 mm 2107 0516	1 contact NO + NC 2119 0001
	Dual PV circuit	2 x (1P+, 1P-)		21PV 6722	MC01 type Blue 2119 1412			
40 A	Single PV circuit	2 P+, 2 P-		21PV 4754	MC0 type Blue 2119 0012 <sup>(2)</sup> MC01 type Blue 2119 1012	Red / Yellow IP65 2119 3313	165 ... 200 mm 2107 0516	1 contact NO + NC 2119 0001
	Dual PV circuit	2 x (2 P+, 2 P-)		21PV 8154	MC01 type Blue 2119 1412			

(1) 45 mm modular DIN front plate included.

(2) Standard handle.

(3) Default connected device (see "Poles connections" page 124).

# SIRCO MC PV IEC 60947-3

Load break switches for photovoltaic applications  
from 25 to 40 A, up to 1000 VDC

## 600 VDC - Door mounting

Rating (A)	Circuit type	Number of poles by PV polarity <sup>(1)</sup>	No of poles AC current	Switch body <sup>(3)</sup>	External handle <sup>(3)</sup>	Switch body "Quick Fix"	External handle "Quick Fix"	Auxiliary contact
30 A	Single PV circuit	1 P+, 1 P-	-	21PV 2202	MC2 type Blue IP55 2129 0112 <sup>(2)</sup>	21PV 2302	MC3 type Blue IP65 2139 1212 <sup>(2)</sup>	1 contact NC+NO 2129 0001
	PV + AC circuit	1 P+, 1 P-	2 P	21PV 2262		21PV 2362		
	Dual PV circuit	2 x (1P+, 1P-)	-	21PV 5202		21PV 5302	MC4 type Black IP65 2139 3312	
40 A	Single PV circuit	2 P+, 1 P-	-	21PV 3224		21PV 3324	Red/Yellow IP65 2139 3313	
	PV + AC circuit	2 P+, 1 P-	2 P	21PV 3284		21PV 3384		

(1) Default connected device (see "Poles connections" page 124).

(2) Standard handle.

(3) Door mounted standard.

## 1000 VDC - Door mounting

Rating (A)	Circuit type	Number of poles by PV polarity <sup>(1)</sup>	No of poles AC current	Switch body <sup>(3)</sup>	External handle <sup>(3)</sup>	Switch body "Quick Fix"	External handle "Quick Fix"	Auxiliary contact
25 A	Single PV circuit	2 P+, 1 P-	Please consult us	21PV 3822	MC2 type Blue IP55 2129 0112	21PV 3922	MC3 type Blue IP65 2139 1212 <sup>(2)</sup>	1 contact NC+NO 2129 0001
40 A	Single PV circuit	2 P+, 2 P-		21PV 4854		21PV 4954	Red/Yellow IP65 2139 3313	

(1) Default connected device (see "Poles connections" page 124).

(2) Standard handle.

(3) Door mounted standard.



# SIRCO MC PV IEC 60947-3

Load break switches for photovoltaic applications  
from 25 to 40 A, up to 1000 VDC

## Accessories

### Direct operation handle

#### Use

The direct operation conversion kit requires an additional 4 mm distance on each side of the 2 and 3 pole device.

Rating (A)	Handle colour	Type of locking	Handle type	45 mm modular DIN front plate	Reference
25 ... 40	Blue	-	MC0	yes	2119 0012 <sup>(1)</sup>
25 ... 40	Blue	1 padlock Ø 5 mm	MC01	yes	2119 1012

(1) Standard handle.

2 MPPT 600 V					
Rating (A)	Handle colour	Type of locking	Handle type	45 mm modular DIN front plate	Reference
30	Blue	-	MC0	yes	2119 0012
30	Blue	1 padlock Ø 5 mm	MC01	yes	2119 1012
40	Blue	1 padlock Ø 5 mm	MC01	yes	2119 1412

2 MPPT 1000 V					
Rating (A)	Handle colour	Type of locking	Handle type	45 mm modular DIN front plate	Reference
25 ... 40	Blue	1 padlock Ø 5 mm	MC01	yes	2119 1412



MC0 handle



MC01 handle

access\_305\_a\_1\_cat

access\_293\_a\_1\_cat

### Door interlocked external operation handle

#### Use

The external control will allow the operator to safely disconnect and isolate the solar strings prior to any intervention.

External controls are user-friendly and adapted to meet requirements of residential installations, large roofs and ground-based generators.

DIN-rail or back plate mounting					
Rating (A)	Handle type	Handle colour	Type of locking	External IP <sup>(1)</sup>	Reference
25 ... 40	MC1	Black	3 padlocks Ø9 mm	IP65	2119 3312 <sup>(2)(3)</sup>
25 ... 40	MC1	Red/Yellow	3 padlocks Ø9 mm	IP65	2119 3313 <sup>(3)</sup>
25 ... 40	S000	Black	3 padlocks Ø6 mm	IP55	1461 5111
25 ... 40	S000	Black	3 padlocks Ø6 mm	IP65	1463 5111
25 ... 40	S000	Red/Yellow	3 padlocks Ø6 mm	IP65	1464 5111

(1) IP: protection degree according to IEC 60529 standard.

(2) Standard handle.  
(3) No padlocking.



S000 handle



MC4 handle

Door mounting					
Rating (A)	Handle type	Handle colour	Type of locking	External IP <sup>(1)</sup>	Reference
25 ... 40	MC2	Blue	-	IP55	2129 0112 <sup>(2)</sup>

(1) IP: protection degree according to IEC 60529 standard.  
(2) Standard handle

"Quick Fix" door mounting					
Rating (A)	Handle type	Handle colour	Type of locking	External IP <sup>(1)</sup>	Reference
25 ... 40	MC3	Blue	1 padlock Ø5 mm	IP65	2139 1212 <sup>(2)</sup>
25 ... 40	MC4	Black	3 padlocks Ø9 mm	IP65	2139 3312
25 ... 40	MC4	Red/Yellow	3 padlocks Ø9 mm	IP65	2139 3313



MC2 handle

access\_307\_a\_1\_cat

access\_302\_a\_1\_cat

access\_306\_a\_1\_cat

## Shaft for external handle

### Use

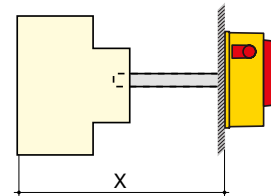
MC1 and S000 shafts can be adjusted and cut depending on the need.

### Shaft length

MC1 type:  
- 165 mm (adjustable up to 177 mm)  
S000 type:  
- 150 mm  
- 200 mm  
- 320 mm



S000 type shaft



DIN-rail or back plate mounting				
Rating (A)	Handle type	Dimension X (mm)	Length (mm)	Reference
25 ... 40	MC1	249 ... 259	165	2107 0516
25 ... 40	S000	234 ... 246	150	2107 0515
25 ... 40	S000	284 ... 496	200	2107 0520
25 ... 40	S000	404 ... 416	320	2107 0532

## Terminal shrouds

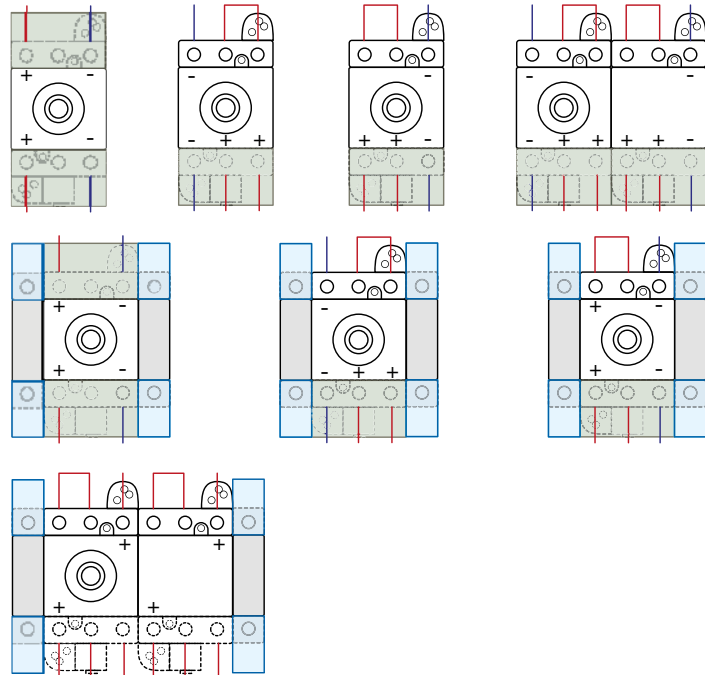
### Use

Top or bottom protection against direct contact with the terminals or connection parts.  
1 and 3 poles are available.

The SIRCO MC PV load break switch is pre-bridged. Terminal covers are mounted on the top or bottom free space of the device.  
Possibility to assemble a terminal shroud on the bridge side by removing the insulating material of the series connection bar (irreversible step).

### For SIRCO MC PV

Rating (A)	Type of mounting	No. of poles	Position	Reference
25 ... 40	rail / door mounting	1 P	top or bottom	2194 1004
25 ... 40	rail / door mounting	3 P	top or bottom	2194 3004



access\_299\_a\_1\_cat



Terminal shrouds 1 pole

access\_300\_a\_1\_cat



Terminal shrouds 3 pole

# SIRCO MC PV IEC 60947-3

Load break switches for photovoltaic applications

from 25 to 40 A, up to 1000 VDC

## Accessories (continued)

### Auxiliary contact

#### Use

These auxiliary contacts signalling position 0 and 1 can be normally open or normally closed contacts. They can be fixed on the left or right side of the switch body and/or on the power additional pole.

#### Connections

Min./max cross-sections: 1 mm<sup>2</sup>/4 mm<sup>2</sup>  
Tightening torque: 0.6 Nm

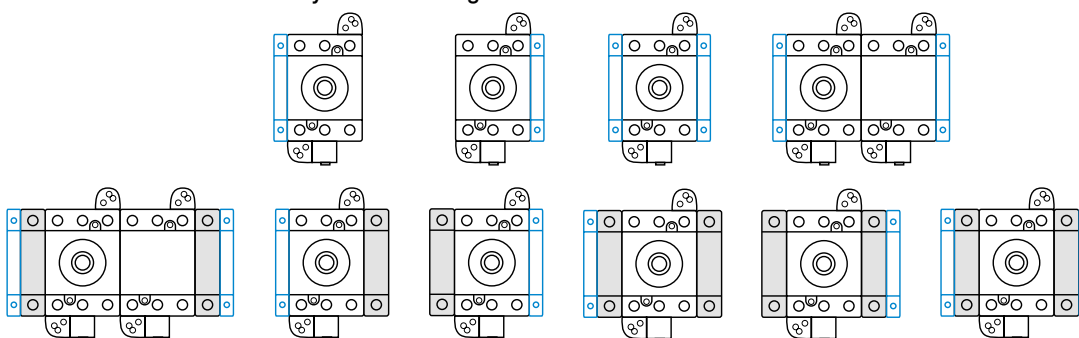
Rating (A)	Type of mounting	Contact(s)	Contact type	Reference
25 ... 40	DIN-rail / back plate mounted	1 contact	NO + NC	2119 0001
25 ... 40	Door mounted	1 contact	NO + NC	2129 0001

#### Characteristics according to IEC 60947-5-1

Rating (A)	Contact type	Thermal current I <sub>th</sub> (A)	Operating current I <sub>o</sub> (A)		
			230 VAC AC-15	400 VAC AC-15	690 VAC AC-15
25 ... 40	NO + NC	16	6	4	2



#### Auxiliary contacts configurations



## Characteristics according to IEC 60947-3

### 25 to 40 A

Rated current	25 A	30 A	40 A
Thermal current I <sub>th</sub> at 40°C (A)	25	30	40
Thermal current at 50°C (A)	25	30	40
Thermal current at 60°C (A)	25	30	40
Rated insulation voltage U <sub>i</sub> (V)	1000	1000	1000
Rated impulse withstand voltage U <sub>imp</sub> (kV)	8	8	8

#### Rated operational currents I<sub>o</sub> (A)

Rated voltage	Utilisation category	Circuit type	Number of poles of the device	Number of pole(s) in series per polarity	(A)	(A)	(A)
600 VDC	DC-21 B	Single PV circuit	2 P	1 P+ and 1 P-	-	30	-
600 VDC	DC-21 B	Single PV circuit	3 P	2 P+ and 1 P-	-	-	40
600 VDC	DC-21 B	Dual PV circuit	4 P	2 x (1 P+ and 1 P-)	-	30	-
600 VDC	DC-21 B	Dual PV circuit	6 P	2 x (2 P+ and 1 P-)	-	-	40
1000 VDC	DC-21 B	Single PV circuit	3 P	2 P+ and 1 P-	25	-	-
1000 VDC	DC-21 B	Single PV circuit	4 P	2 P+ and 2 P-	-	-	40
1000 VDC	DC-21 B	Dual PV circuit	6 P	2 x (2 P+ and 1 P-)	25	-	-
1000 VDC	DC-21 B	Dual PV circuit	8 P	2 x (2 P+ and 2 P-)	-	-	40

#### Connection

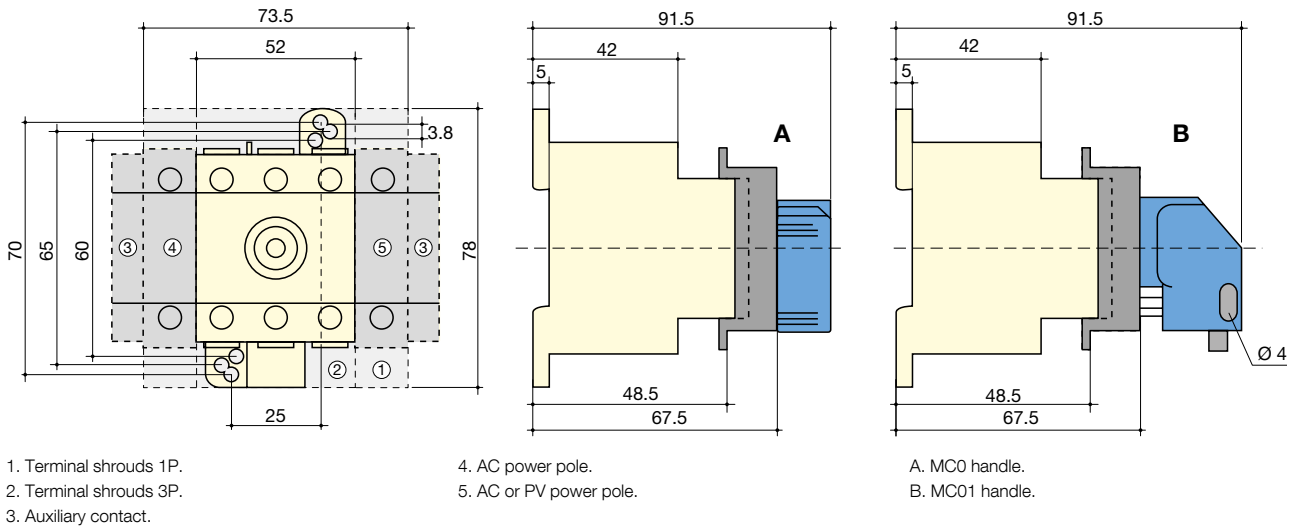
	1.5	1.5	1.5
Minimum Cu cable cross-section			
Maximum Cu cable cross-section (mm <sup>2</sup> )	10	10	10
Tightening torque mini / maxi (Nm)	2	2	2

#### Mechanical characteristics

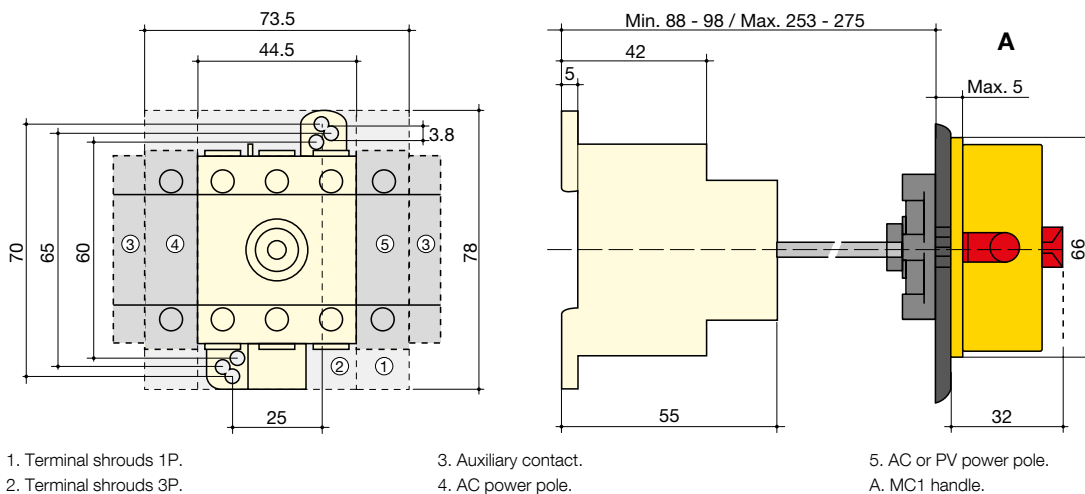
	30000	30000	30000
Durability (number of operating cycles)			
Operating torque (Nm)	0.8	0.8	0.8
Weight of a 2 pole PV device (kg)	0.110	0.110	-
Weight of a 3 pole PV device (kg)	0.125	0.125	0.125
Weight of a 2 pole PV and 2 pole AC device (kg)	0.180	0.180	-
Weight of a 3 pole PV and 2 pole AC device (kg)	-	-	0.195
Weight of a 4 pole PV device (kg)	-	-	0.160
Weight of a 4 pole PV device, dual PV circuit (kg)	0.145	0.145	-
Weight of a 6 pole PV device, dual PV circuit (kg)	-	-	0.250
Weight of an 8 pole PV device, dual PV circuit (kg)	-	-	0.320

## Dimensions

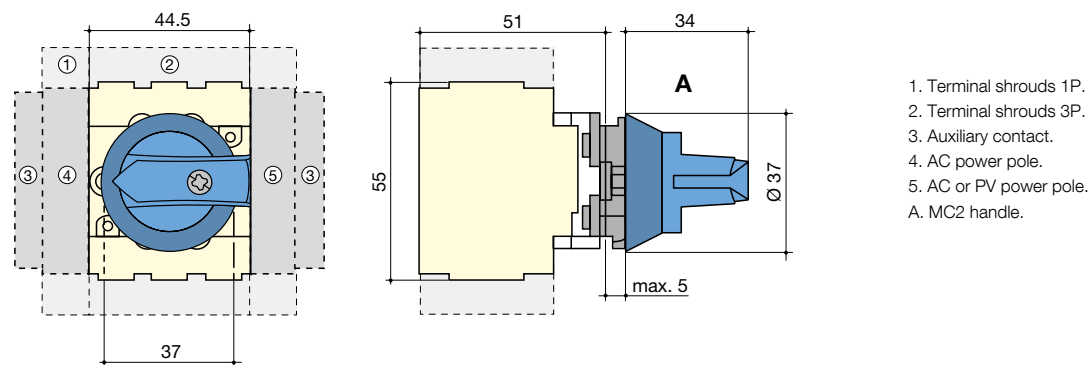
### DIN-rail mounting - Direct operation



### DIN-rail mounting - External operation



### Door mounting

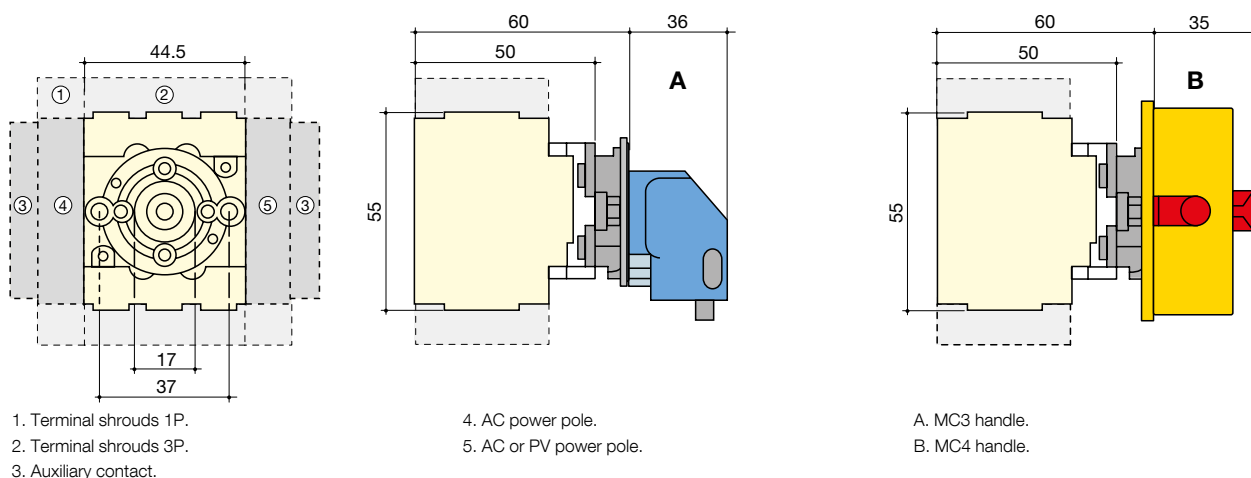


# SIRCO MC PV IEC 60947-3

Load break switches for photovoltaic applications  
from 25 to 40 A, up to 1000 VDC

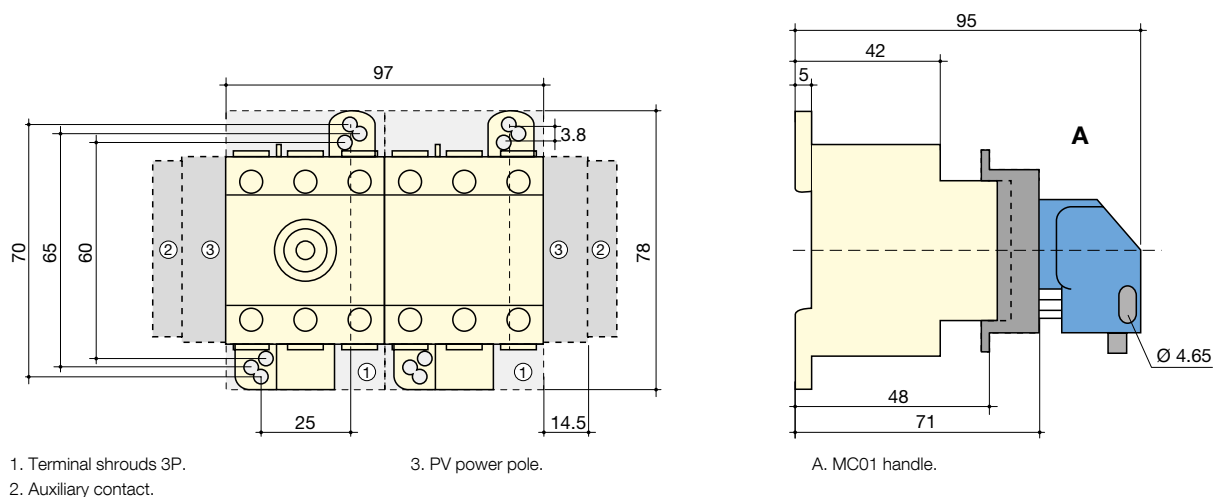
## Dimensions

### "Quick Fix" door mounting



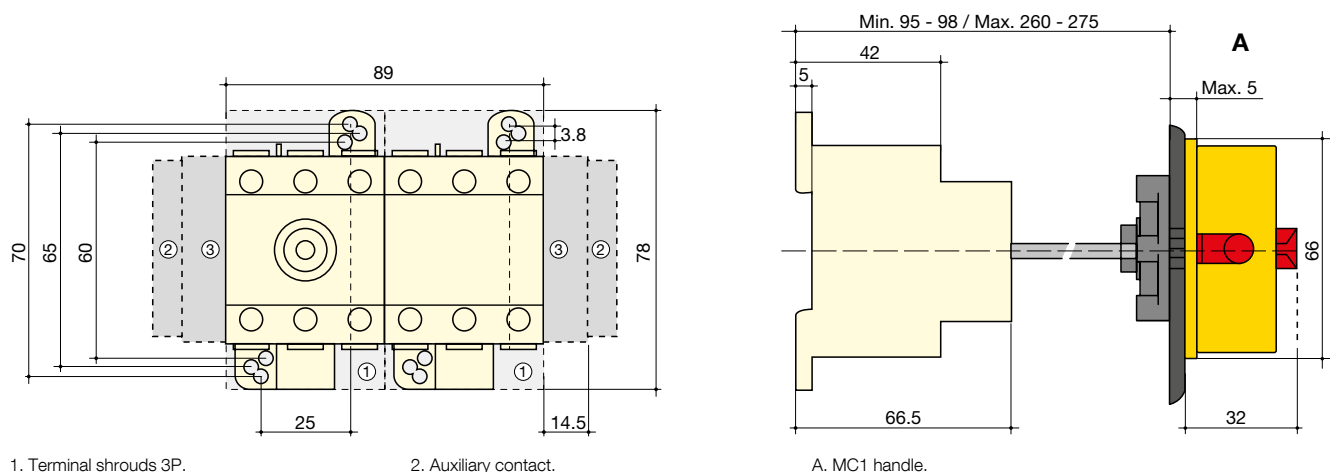
sirco-mc\_006\_b\_1\_x\_cat

### 2 MPPT - 40 A - 600 VDC and 25 and 40 A - 1000 VDC - DIN-rail mounting - Direct operation



sirco-mc\_039\_a\_1\_x\_cat

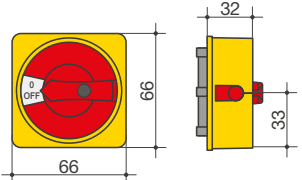
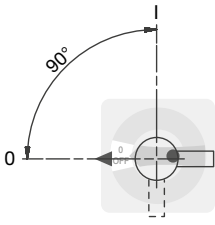
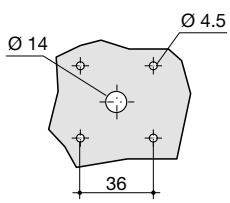
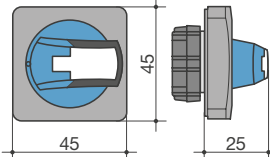
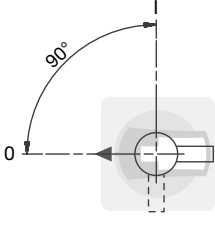
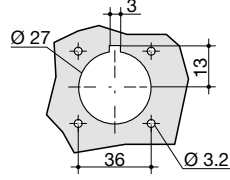
### DIN-rail mounting - External operation



sirco-mc\_040\_b\_1\_x\_cat

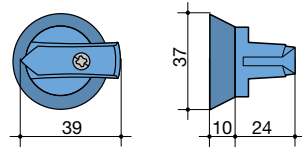
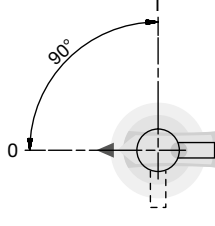
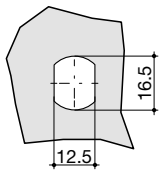
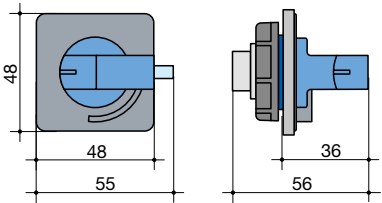
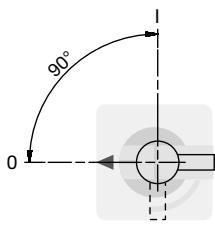
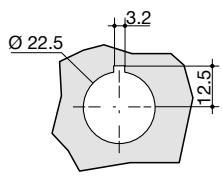
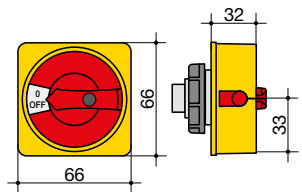
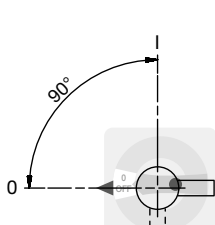
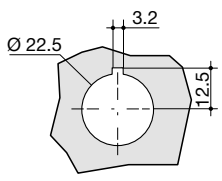
## Dimensions for external handles

### DIN-rail or back plate mounting

Handle type	Front operation Direction of operation	Door drilling
<b>MC1 type</b> 		
<b>S000 type</b> 		

p.01gn\_006\_a\_1\_gb\_cat

### Door mounting

Handle type	Front operation Direction of operation	Door drilling
<b>MC2 type</b> 		
<b>MC3 type</b> Quick Fix 		
<b>MC4 type</b> Quick Fix 		

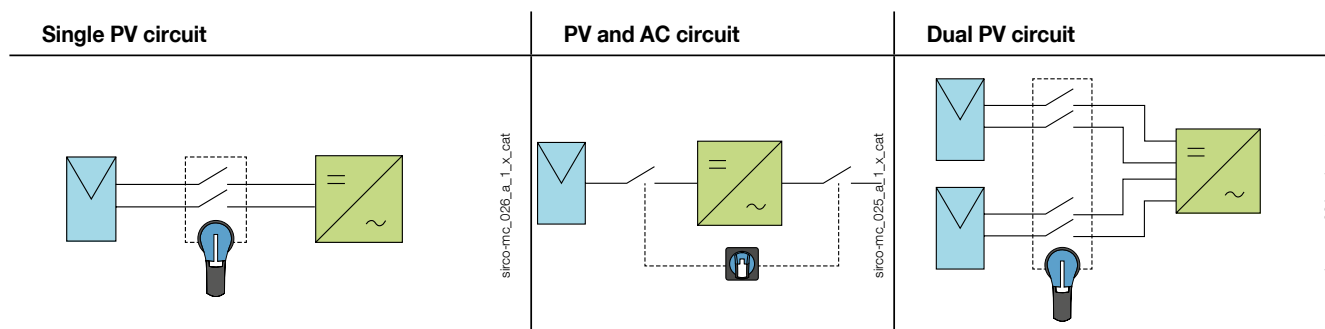
p.01gn\_007\_a\_1\_gb\_cat

# SIRCO MC PV IEC 60947-3

Load break switches for photovoltaic applications  
from 25 to 40 A, up to 1000 VDC

## Poles connections

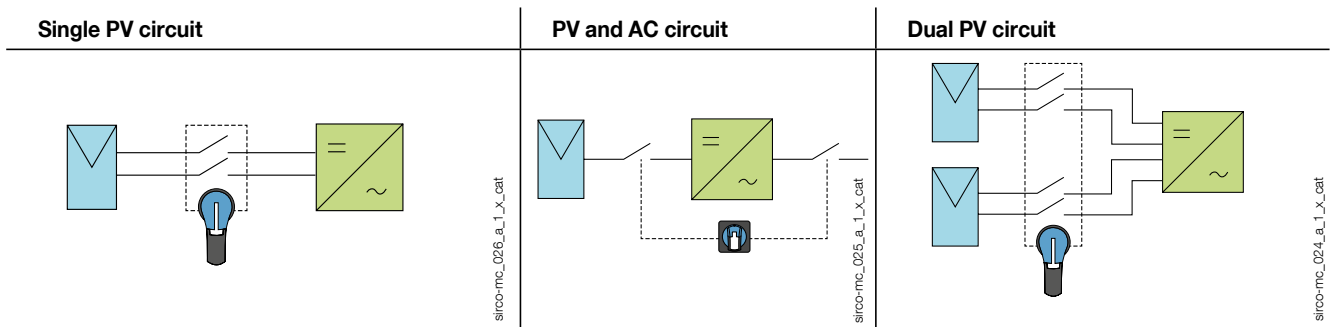
Switching of polarities + and -



## Direct operation

Rating	Single PV circuit	PV and AC circuit	Dual PV circuit
25 A - 600 VDC	<p><b>21PV 2102</b></p>	<p><b>21PV 2162</b></p>	<p><b>21PV 5102</b></p>
40 A - 600 VDC 25 A - 1000 VDC	<p><b>21PV 3124</b> <b>21PV 3722</b></p>	<p><b>21PV 3184</b></p>	<p><b>21PV 6124</b> <b>21PV 6722</b></p>
40 A - 1000 VDC	<p><b>21PV 4754</b></p>		<p><b>21PV 8154</b></p>

Switching of polarities + and -



Door mounting

Rating	Single PV circuit	PV and AC circuit	Dual PV circuit
25 A - 600 VDC	<p>21PV 2202 21PV 2302</p>	<p>21PV 2262 21PV 2362</p>	<p>21PV 5202 21PV 5302</p>
40 A - 600 VDC 25 A - 1000 VDC	<p>21PV 3224 21PV 3324 21PV 3822 21PV 3922</p>	<p>21PV 3284 21PV 3384</p>	
40 A - 1000 VDC	<p>21PV 4854 21PV 4954</p>		



☎ 86-572-8823666    ✉ maxge@maxge.com

🔑 Sign In | Register



## EPB-63M-DC Series Circuit Breaker

- EPB-63M-DC Series Circuit Breaker
- Allowable at an altitude of 2000 meters or below
- Ambient temperature, -25°C-+40°C; not more than +35°C on average within 24 hours
- moisture resistant
- oil and salt fog resistant
- mildew resistant
- It should be installed in a distribution box where must be waterproof.

Quantity:

Inquire 

Add to Basket 

Product Description

### Technical Data

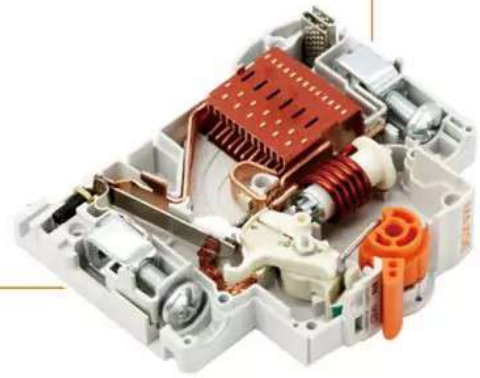
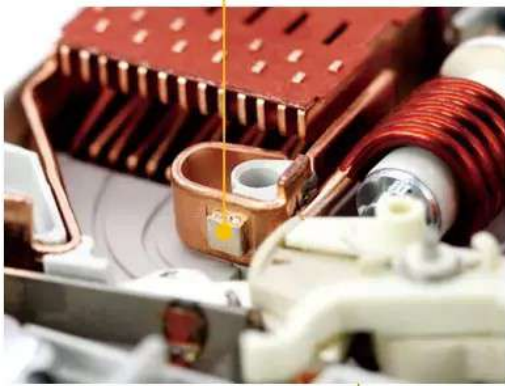
Standard	EN/IEC60947-2	Nuber of poles	1P,,2P,3Pand 4P
Breaking capacity	6kA	Type of trip	Thermal/magnetic rele

Protection	Against overload and short circuit	Type of terminal	Lug type and Pin type
Rated current In	0.5,1,2,3,4,6,10,13,16,20,25,32,40,50,63A	Terminal capacity	16mm <sup>2</sup> flexible or 25mm <sup>2</sup> rigid up to 25A ratings 25mm <sup>2</sup> flexible or 25mm <sup>2</sup> rigid from 32A to 63A ratings
Rated voltage	DC:Rated voltage Ue (VDC) 1P 250 3P 750 2P 500 4P 1000 Operational limit: (8-2)×In Min:12 Max:1P 250 2P 500	protection degree	IP 20
Ambient temperature(C°)	-5~+40	Installation	Mounting on 35mm DIN rail
Characteristic	Thermal operating limit: (1.05-1.30)×In Magnetic operating: (8-12)×In	Width	17.8mm per pole

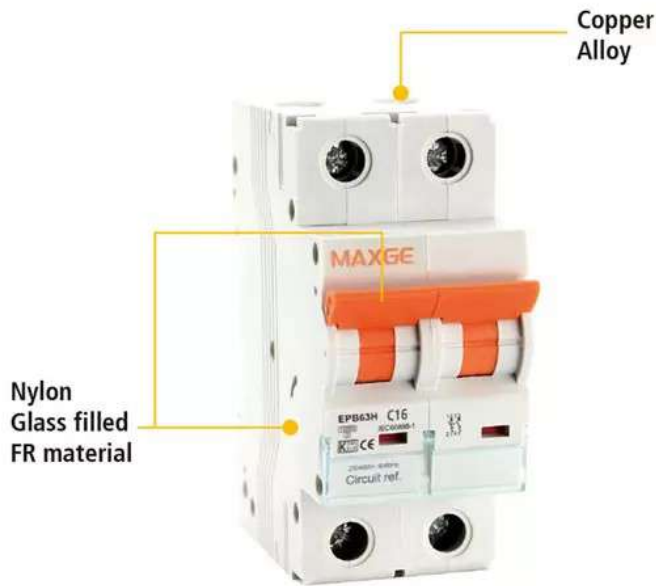
## Features Benefits

---

Real Silver Graphite,AGc  
anti-weld contact tips



Highest Electrical Life  
Maximum Safety against Contact welding  
Rare possibility of MCB replacement



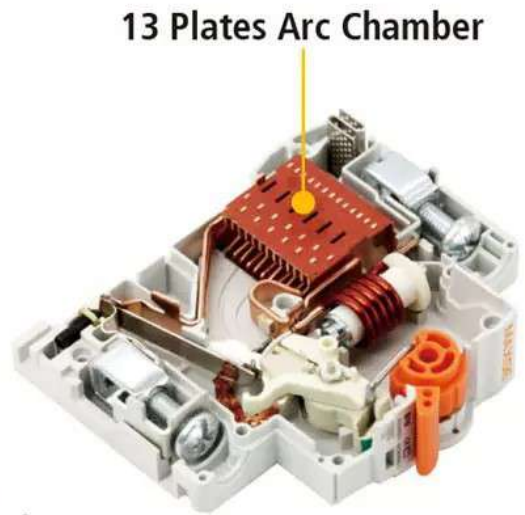
Rigidity



Strength

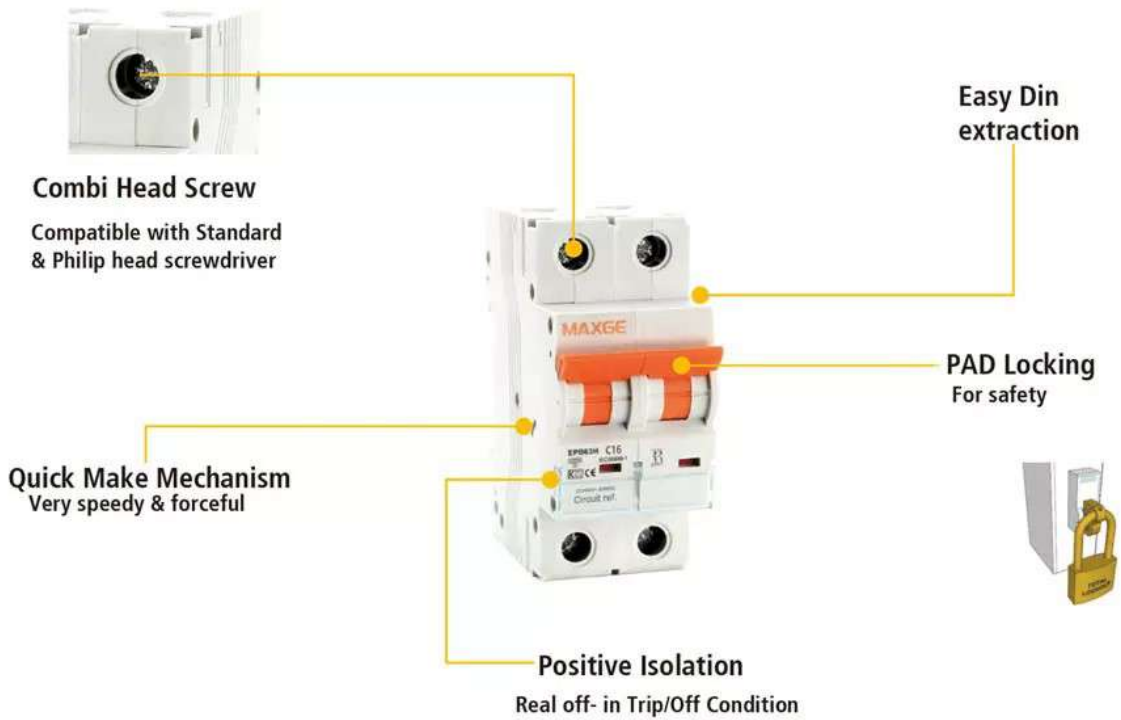
High

- Strength
- Ecofriendly
- Melting Point
- Dielectric Strength
- Temperature Resistant



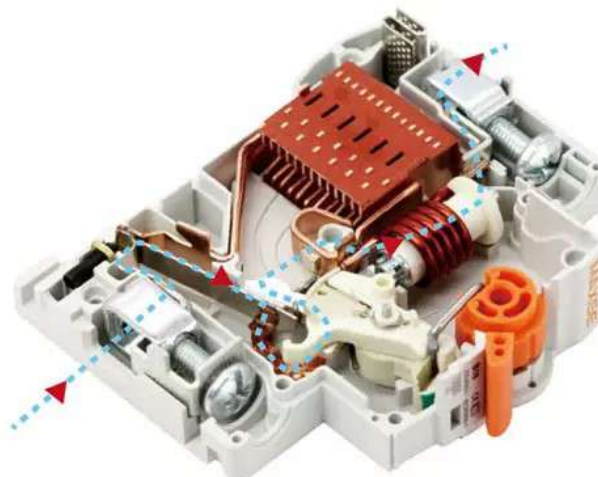
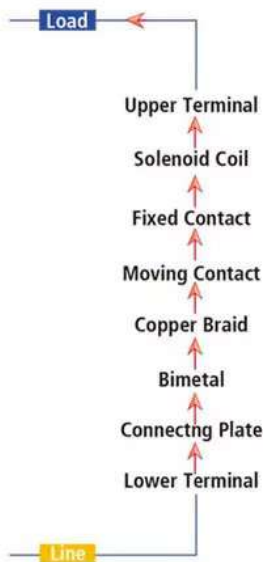
- ✔ Quick & Efficient Arc Quenching
- ✔ Very low let through energy, class 3
- ✔ Increases life of Installation & equipment

### EPB-63M-DC Series Circuit Breaker



### Current Path

---



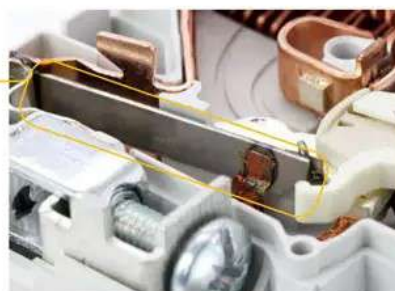
## Overload Operation

### Overload Protection: Through

Consists of 2 different metals bonded together  
Different metals have different coefficient of expansion

- ▼ On heating-it bends towards tripping
- ▼ Pushes the trip catch lever
- ▼ Switching mechanism actuated

Bimetal Metal Alloy

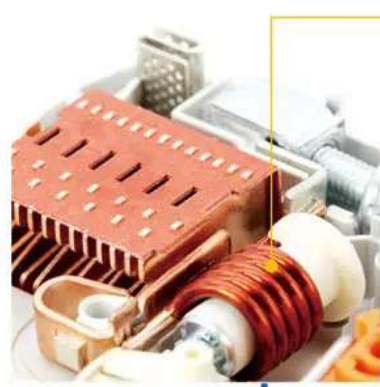


Switching Mechanism

Trip Catch



## Short Circuit Operation



Solenoid

- ▼ High current flows
- ▼ Solenoid gets magnetized
- ▼ Attracts tripping plunger
- ▼ Lower portion of plunger pushes trip catch lever
- ▼ Switching mechanism actuated



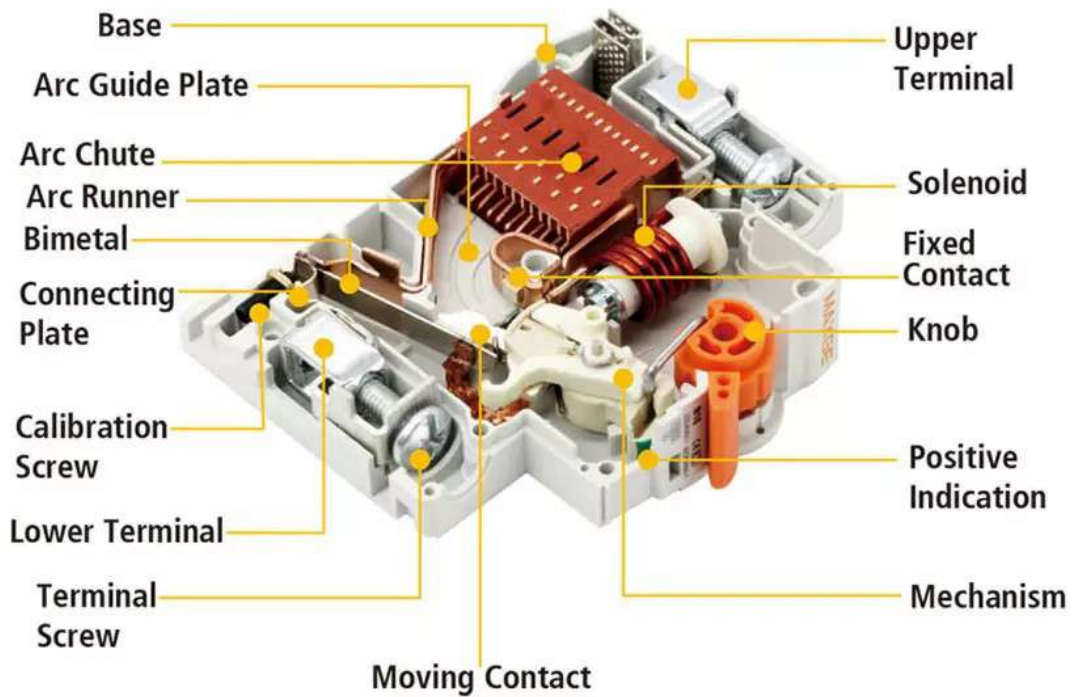
Trip Catch



Trip

Switching Mechanism

## MCB Design

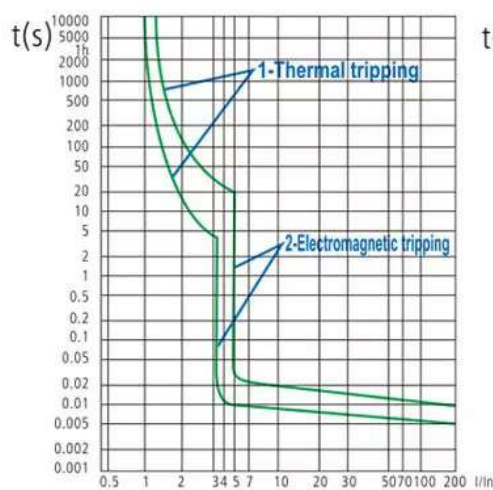


## Full Range of Accessories Matching MCB

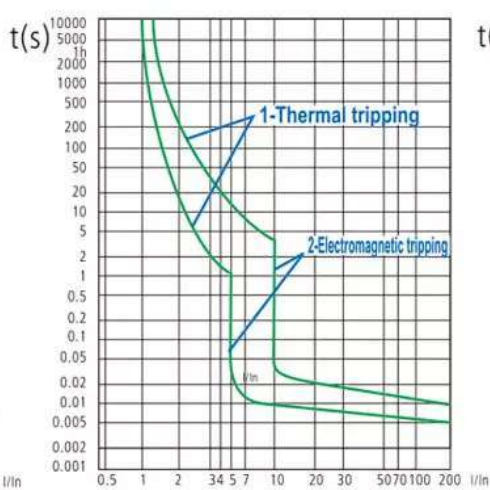


1. Auxillary contact (OF)
2. Trip alarm contact (SD)
3. Under voltage release (MN)
4. Shunt release (MX)
5. Door bell
6. DIN rail mounted Transformer
7. Phase indicator lights (Red, Yellow, Bl
8. Surge protection device (SPD)

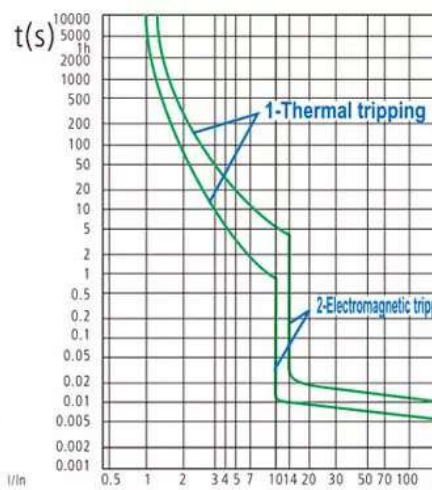
## Curves



B type



C type

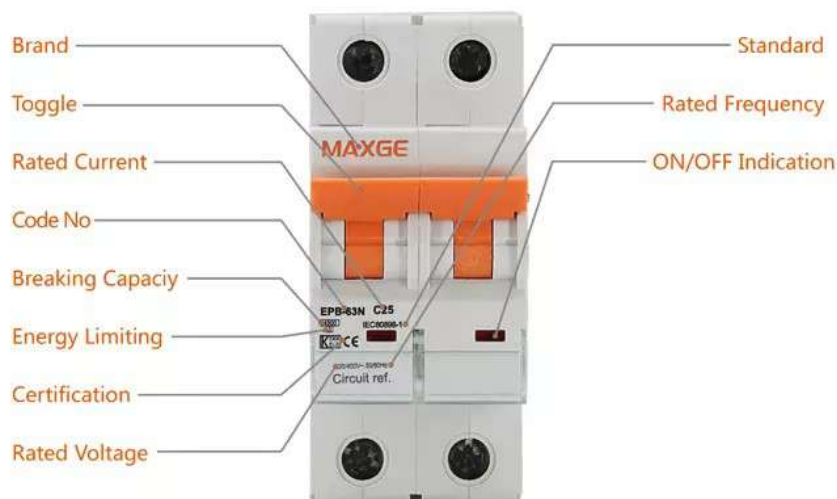


D type

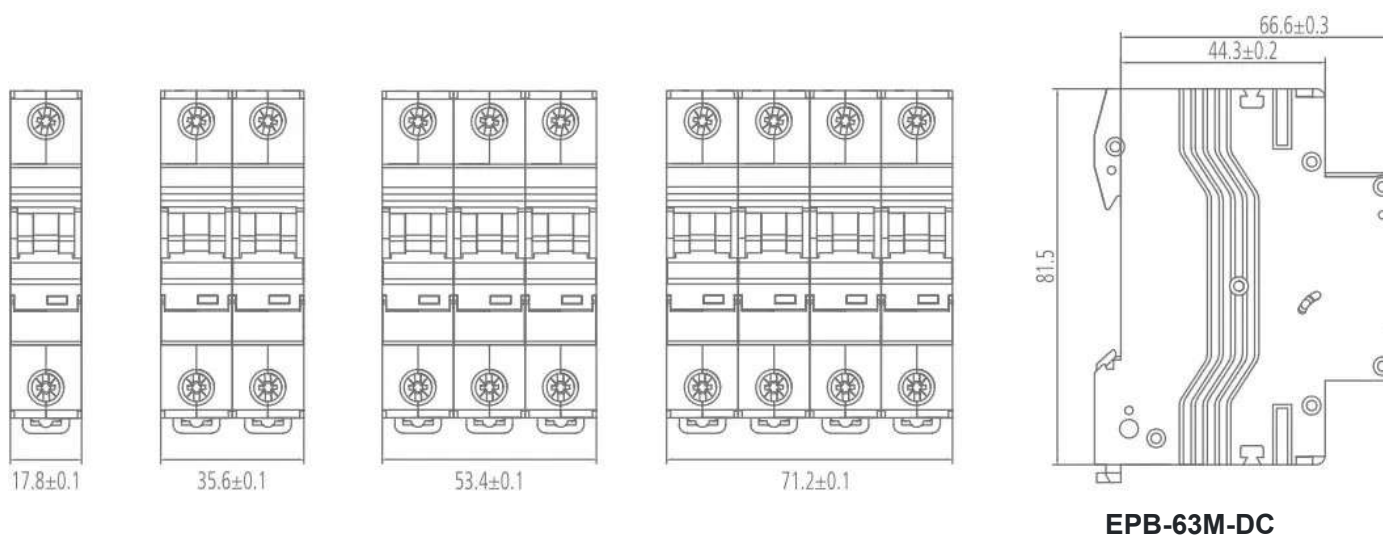
## Overcurrent Protection Characteristics

No	Rated current of release(A)	Initial state	Test current	Specified time	Result to be obtained	Remark
1	1~63	cold state	1.13In	$t \leq 1h$	Non-trip	
2	1~63	upon the previous test	1.45In	$t < 1h$	trip	Setting current to specified value steadily in 5
3	$I_n \leq 32$	cold state	2.55In	$1s < t < 60s$	trip	
	$I_n > 32$	cold state	2.55In	$1s < t < 120s$	trip	
4	1~63	cold state	3In	$t \leq 0.1s$	Non-trip	B type
	1~63	cold state	5In	$t < 1.1s$	trip	B type
	1~63	cold state	5In	$t \leq 0.1s$	Non-trip	C type
	1~63	cold state	10In	$t < 1.1s$	trip	C type
	1~63	cold state	10In	$t \leq 0.1s$	Non-trip	D type
	1~63	cold state	20In	$t < 1.1s$	trip	D type

## Product Diagram






## Dimensions



## MCB Selection Curve Type

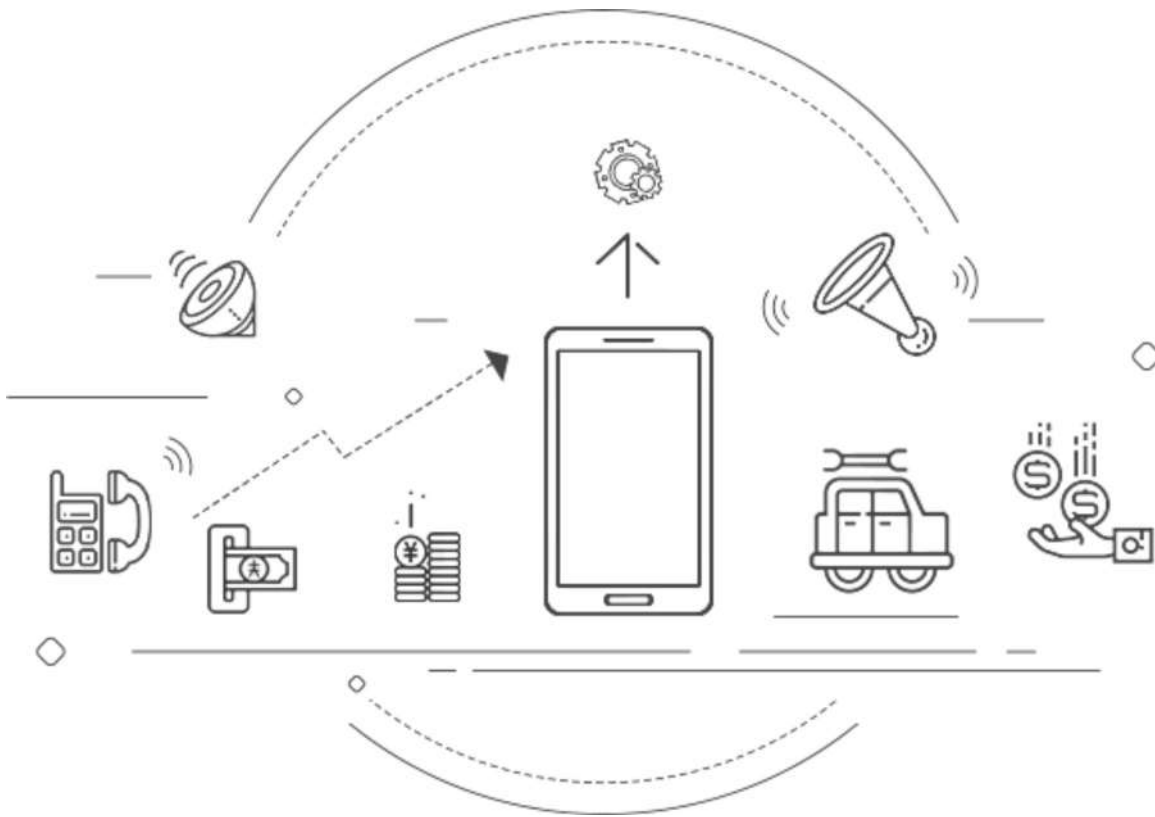


Charact eristics	Loads		
	Resistive	Inductive	High Inducti
	NO Starting surge	Starting surge Present	HIGH starting surge current
B	✓		
C	✓	✓	
D	✓	✓	✓
Examples			

Previous: EPB-63H Series Circuit Breaker

Next: EPB-63H-DC Series Circuit Bre

# Get A Free Quote



Name

Phone

\*Email

Company

Message

Submit

# MAIN PRODUCT



EPBR-6K RCBO



SGM3Si-125 MCCB



SGM3Si-400 MCCB



SGM3Si-800 MC

## ABOUT US

### COMPANY CULTURE ▾

COMPANY CULTURE

COMPANY ADVANTAGE

TEAM CONSTRUCTION

TALENT RECRUITMENT

## PRODUCTS

### ALPHA+ MCB/RCCB/RCBO ETC ▾

ALPHA+ MCB/RCCB/RCBO ETC

SIGMA+ MCB/RCCB/RCBO ETC

MCCB

ATS/ACB/VCB

Industrial Product

Digital Meter

Smart Home Devices

TECHNICAL SUPPORT

COMPANY CULTURE ▾


COMPANY CULTURE

COMPANY ADVANTAGE

TEAM CONSTRUCTION

TALENT RECRUITMENT

CONTACT US

 86-572-8823666

 maxge@maxge.com

EMAIL SUBSCRIPTION



Copyright © 2020 MAXGE ELECTRIC TECHNOLOGY CO.,LTD.

浙ICP备20028433号-1

# Hoja de características del producto

## Características

# A9K24725

Magnetotérmico, Acti9 iK60N, 3P+N, 25 A, C curva, 6000 A (IEC 60898-1)



### Principal

Aplicación del dispositivo	Distribución
Gama	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 iK60
Tipo de producto o componente	Interruptor automático en miniatura
Nombre corto del dispositivo	IK60N
Número de polos	3P + N
Número de polos protegidos	3
Posición de neutro	Izquierda
[In] Corriente nominal	25 A at 30 °C
Tipo de red	CA
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético
Código de curva	C
Capacidad de corte	6000 A Icn en 400 V CA 50/60 Hz acorde a EN/IEC 60898-1
Poder de seccionamiento	Yes conforming to EN/IEC 60898-1
Normas	EN/IEC 60898-1
Certificaciones de producto	Aenor

### Complementario

Frecuencia de red	50/60 Hz
Límite de enlace magnético	5...10 x In
[Ics] poder de corte en servicio	6000 A 100 % conforming to EN/IEC 60898-1 - 400 V AC 50/60 Hz
Clase de limitación	3 conforming to EN/IEC 60898-1
[Ui] Tensión nominal de aislamiento	440 V AC 50/60 Hz conforming to EN/IEC 60898-1
[Uimp] Resistencia a picos de tensión	4 kV conforming to EN/IEC 60898-1
Tipo de control	Maneta
Señalizaciones en local	Indicación de encendido/apagado

Tipo de montaje	Ajustable en clip
Soporte de montaje	Carril DIN
Pasos de 9 mm	8
Altura	85 mm
Anchura	72 mm
Profundidad	78,5 mm
Peso del producto	400 g
Color	Blanco
Durabilidad mecánica	20000 ciclos
Durabilidad eléctrica	10000 ciclos
Descripción de las opciones de bloqueo	Dispositivo de cierre con candado
Conexiones - terminales	Tunnel type terminal (top or bottom) 1...25 mm <sup>2</sup> rigid Tunnel type terminal (top or bottom) 1...16 mm <sup>2</sup> flexible
Longitud de cable pelado para conectar bornas	14 mm for top or bottom connection
Par de apriete	2 N.m arriba o abajo
Protección contra fugas a tierra	Sin

## Entorno

Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
Grado de contaminación	2 conforming to EN/IEC 60898-1
Categoría de sobretensión	III
Temperatura ambiente de funcionamiento	-25...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C

## Unidades de embalaje

Tipo de unidad del paquete 1	PCE
Número de unidades en empaque	1
Peso del empaque (Lbs)	0,462 kg
Paquete 1 Altura	0,750 dm
Paquete 1 ancho	0,720 dm
Paquete 1 Longitud	0,940 dm
Tipo de unidad del paquete 2	BB1
Número de unidades en el paquete 2	3
Peso del paquete 2	1,274 kg
Paquete 2 Altura	10 cm
Ancho del paquete 2	10 cm
Longitud del paquete 2	22 cm
Tipo de unidad del paquete 3	S03
Número de unidades en el paquete 3	33
Paquete 3 Peso	14,501 kg
Paquete 3 Altura	30 cm
Ancho del paquete 3	30 cm
Paquete 3 Longitud	40 cm

## Sostenibilidad de la oferta

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	<a href="#">Declaración de REACH</a>
Conforme con REACH sin SVHC	Sí
Directiva RoHS UE	Conforme <a href="#">Declaración RoHS UE</a>

Sin metales pesados tóxicos	Sí
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	<a href="#">Declaración RoHS China</a> Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
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.

### Información Logística

País de Origen	ES
----------------	----

# TX<sup>3</sup> RCCBs

## 4P Neutral left side - up to 63A

Cat. N°(s): 4 030 04, 05, 06

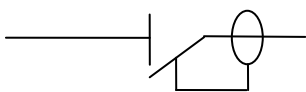


CONTENTS	PAGE
1. Description, use.....	1
2. Range .....	1
3. Overall dimensions.....	1
4. Preparation - Connection.....	1
5. General characteristics.....	3
6. Compliance and approvals .....	7
7. Curves.....	8
8. Auxiliaries and accessories .....	9
9. Safety.....	9

### 1. DESCRIPTION - USE

Residual current circuit breaker (RCCB) with positive contact indication for control, protection and isolation of electrical circuits, protecting people from direct and indirect contact and protecting installations from insulation faults.

**Symbol:**



**Technology:**

. Electromagnetic residual current function with current-sensing relay

### 2. RANGE

**Polarity:**

. 4-pole

**Width:**

. 4 modules (4 x 17.8 mm)

**Nominal rating I<sub>n</sub>:**

. 25 / 40 / 63 A

**Residual current types:**

. AC (sinusoidal differential alternating currents)

**Sensitivity:**

. 30 mA

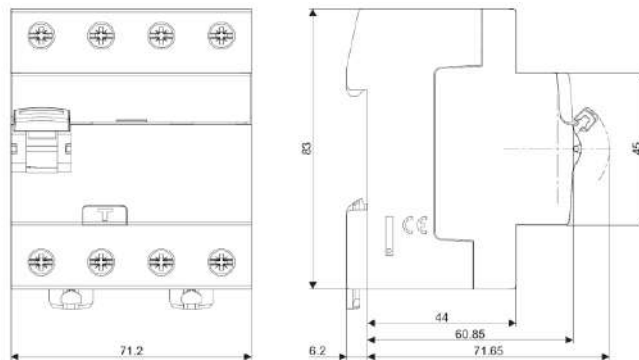
**Nominal voltage and frequency:**

. 400 V~ / 415 V~, 50 Hz with standard tolerances

**Maximum operating voltage:**

. 440 V ~, 50 Hz

### 3. OVERALL DIMENSIONS



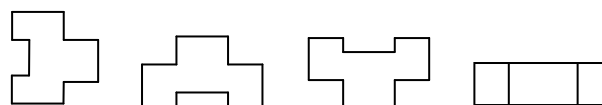
### 4. PREPARATION - CONNECTION

**Mounting:**

. On symmetrical rail EN 60715 or DIN 35 rail

**Operating positions:**

. Vertical      Horizontal      Upside down      On the side



**Power supply:**

. From the top or the bottom

**Connection:**

. Inputs and outputs via screw terminals  
 . Cage terminals, with disengageable and captive screws (fitted with flaps preventing a cable being placed under the terminal, with the terminal partly open or closed)  
 . Neutral on left



## 4P Neutral left side - up to 63A

**4. PREPARATION - CONNECTION** *(continued)***Terminal arrangement:**

- . Terminals protected against direct finger contact IP20, wired device
- . Alignment and spacing of the terminals permitting shutters with the other products via toothed supply busbars
- . Terminal depth: 14 mm
- . Terminal capacity: 60 mm<sup>2</sup>
- . Screw head: mixed head, slotted head and Philips / Pozidriv no. 2
- . Tightening torques:
  - Minimum / Maximum: 1.2 Nm / 3.5 Nm
  - Recommended: 2.5 Nm

**Conductor types:**

- . Copper cables at the top and bottom of the product
  - Cable cross-section:

	Without ferrule	With ferrule
Rigid cable	1 x 0.75 to 50 mm <sup>2</sup> or 2 x 0.75 to 16 mm <sup>2</sup>	/
Flexible cable	1 x 0.75 to 35 mm <sup>2</sup> or 2 x 0.75 to 16 mm <sup>2</sup>	1 x 0.75 to 25 mm <sup>2</sup>

**Required tools:**

- . For the terminals:
  - 5.5 mm / 6.5 mm blade screwdriver recommended
  - Pozidriv n°2 / Philips N°2 screwdriver recommended
- . For the latching:
  - 5.5 mm blade screwdriver recommended / 6 mm maximum
  - Pozidriv n°2 / Philips N°2 screwdriver recommended

**Manual actuation:**

- . Manual action via ergonomic 2 position handle:
  - I-On, device closed O-Off, device open

**Contact status display:**

- . By marking of the product:
  - I-On : closed contacts
  - O-Off : open contacts

**Residual current trip display:**

- . Handle at the bottom position, the residual current is released

**Lockout:**

- . Padlocks possible in the open or closed positions with padlock support (Cat. No. 4 063 03) and Ø5 mm padlock (Cat. No. 4 063 13) or Ø6 mm padlock (Cat. No. 227 97)

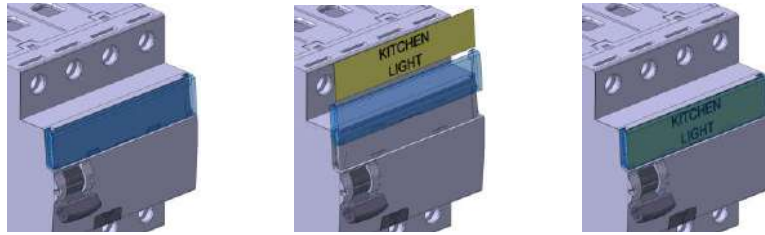
**Sealing:**

- . Possible in the open or closed positions

## 4P Neutral left side - up to 63A

4. PREPARATION - CONNECTION *(continued)***Labelling:**

- . Circuit identification by way of a label inserted in the label holder situated on the front of the product



## 5. GENERAL CHARACTERISTICS

**Neutral earthing system:**

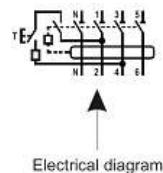
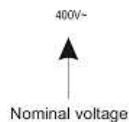
- . IT, TT and TN

**Marking:**

- . "N" marking of the neutral
- . Marking on the "front side": (by permanent ink pad printing)



- . Marking on the upper panel: (by permanent ink pad printing)

**Test operating voltage:**

- . 30 mA AC type: from 320 V to 440 V~

**Rated conditional short-circuit current:**

- .  $I_{nc} = 10$  kA, in accordance with EN/IEC 61008-1

**Rated conditional short-circuit residual current:**

- .  $I_{\Delta c} = 10$  kA, in accordance with EN/IEC 61008-1

**Rated residual breaking capacity:**

- .  $I_{\Delta m} = 1000$  A, in accordance with EN/IEC 61008-1

**Rated breaking and making capacity:**

In accordance with EN/IEC 61008-1,

- .  $I_n = 25 / 40$  A :  $I_m = 500$  A

- .  $I_n = 63$  A :  $I_m = 630$  A

**Specific use:**

- . Appropriate to operate in humid and polluted by a chlorinated environment (pool-type)

## 4P Neutral left side - up to 63A

## 5. GENERAL CHARACTERISTICS (continued)

**Protection against overloads:**

. The RCCB must be protected against overloads (either upstream or downstream) by a circuit breaker or a fuse which has a maximum of the same nominal current as the residual current switch

**Protection against short-circuits:**

. The RCCB must be protected upstream against short circuits using a circuit breaker or a fuse. Its resistance to short circuits when associated with a Legrand circuit breaker or fuse is compliant with the values stated in the tables below:

. Association with a circuit breaker:

		Upstream circuit breaker				
		DX <sup>3</sup> 4500 / 6 kA 3P / 4P 3 mod	DX <sup>3</sup> 6000 / 10 kA	DX <sup>3</sup> 10000 / 16 kA	DX <sup>3</sup> 25 kA	DX <sup>3</sup> 36 kA
Downstream RCCB	Curves	C	B, C & D	B, C & D	B, C & D	C
	In	≤ 32 A	≤ 63 A	≤ 125 A	≤ 125 A	≤ 80 A
4P - 400 V~	25 A to 100 A	<b>6 kA</b>	<b>10 kA</b>	<b>16 kA</b>	<b>25 kA</b>	<b>36 kA</b>

		Upstream circuit breaker				
		DX <sup>3</sup> 50 kA	DPX <sup>3</sup> 160 / DPX <sup>3</sup> 160 + residual current			
Downstream RCCB	Curves	B, C & D	16 kA	25 kA	36 kA	50 kA
	In	≤ 63 A	≤ 160 A	≤ 160 A	≤ 160 A	≤ 160 A
4P - 400 V~	25 A to 100 A	<b>50 kA</b>	<b>16 kA</b>	<b>25 kA</b>	<b>25 kA</b>	<b>25 kA</b>

. Association with circuit breakers: case of a double fault, in IT system – Resistance to the Icc of a single pole

Downstream RCCB	Circuit breaker upstream		
	DX <sup>3</sup> 3P / 4P 3 mod	DX <sup>3</sup> 3P / 4P 3 mod	DX <sup>3</sup> 1P / 2P / 3P / 4P
	4500 A / 6 kA	6000 A / 10 kA	
At 230 V	<b>4.5 kA</b>	<b>6 kA</b>	<b>10 kA</b>
At 400 V	<b>3 kA</b>	<b>3 kA</b>	<b>3 kA</b>

Downstream RCCB	Circuit breaker upstream			
	DX <sup>3</sup> 1P / 2P / 3P / 4P	DX <sup>3</sup> 1P / 2P / 3P / 4P	DX <sup>3</sup> 1P / 2P / 3P / 4P	DX <sup>3</sup> 1P / 2P / 3P / 4P
	10,000 A / 16 kA	25 kA	36 kA	36 kA
At 230 V	<b>16 kA</b>	<b>25 kA</b>	<b>36 kA</b>	<b>50 kA</b>
At 400 V	<b>4 kA</b>	<b>6.25 kA</b>	<b>9 kA</b>	<b>12.5 kA</b>

## 4P Neutral left side - up to 63A

5. GENERAL CHARACTERISTICS *(continued)*Protection against short circuits *(continued)*:

. Association with a fuse:

Downstream	Upstream			
RCCB	gG or aM type fuse			
Rating	≤ 50 A	63 A	80 A	≥ 100 A
25 A to 100 A	<b>100 kA</b>	<b>50 kA</b>	<b>15 kA</b>	<b>10 kA</b>

## Power dissipated by the device:

RCCB		Power dissipated by the device (In)
Rating	Sensitivity	AC type
25 A	30 mA	<b>6 W</b>
40 A	30 mA	<b>15.3 W</b>
63 A	30 mA	<b>11.8 W</b>

## Temperature derating:

. Reference temperature: 30°C in accordance with standard IEC/EN 60947-2

In (A)	Ambient Temperature/In								
	- 25°C	- 10°C	0°C	10°C	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C
25 A	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	25	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
40 A	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	40	<b>40</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
63 A	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	63	<b>63</b>	<b>40</b>	<b>40</b>

## 4P Neutral left side - up to 63A

## 5. GENERAL CHARACTERISTICS (continued)

## Weight per device:

Catalogue Number	Description	Weight (kg)
4 030 04	25 A AC type 30MA	<b>0,34</b>
4 030 05	40 A AC type 30MA	<b>0,34</b>
4 030 06	63 A AC type 30MA	<b>0,37</b>

## Packaged volume and quantity:

	Volume (dm <sup>3</sup> )	Packaging
For all catalogue numbers	<b>0.70</b>	<b>per unit</b>

## 5. GENERAL CHARACTERISTICS (continued)

## Isolation distance: (distance between the contacts)

- . Handle in open position - O-Off:
  - Neutral pole: greater than 4.5 mm
  - Phase pole: greater than 5.5 mm

## Rated insulation voltage:

- . U<sub>i</sub> = 500 V

## Insulation resistance:

- . 2 MΩ

## Degree of pollution:

- . 2

## Dielectric strength:

- . 2000 V - 50 Hz

## Impulse withstand voltage:

- . U<sub>imp</sub> = 4 kV

## Protection from false tripping:

- . 0.5 μs/100 kHz damped recurring wave = 200 A
- . 8/20 μs wave:
  - AC type = 250 A

## Protection classes:

- . Terminals protected against direct contact:
  - IP20 (wired device)
- . Front side protected against direct contact:
  - IP40
- . Class II in relation to metallic conductive parts
- . Protection against impacts:
  - IK04

## Plastic materials used:

- . Parts made of polyamide and P.B.T.

## Enclosure heat and fire resistance:

- . Resistance to incandescent wire tests at 960°C, in accordance with standard IEC/EN 61008-1
- . Classification V2, in accordance with standard UL94

## Device's upper heating value:

- . Estimated heating value of a 40A 30mA AC device: 4.30 MJ

## Handle opening and closing forces:

- . Force of 42 N for closing - (all ratings)
- . Force of 13 N for opening - (all ratings)

# TX<sup>3</sup> RCCBs

## 4P Neutral left side - up to 63A

Cat. N°(s): 4 030 04, 05, 06

### 5. GENERAL CHARACTERISTICS *(continued)*

#### Mechanical endurance:

- . Conforms to standard NF EN 61008-1
- . Tested with 20,000 operations with no load

#### Electrical endurance:

- . Conforms to standard NF EN 61008-1
- . Tested with 10,000 operations with load (at  $I_n \times \cos \varphi 0.9$ )
- . Tested with 2,000 residual current trip operations using the test button or the fault current

#### Ambient temperatures:

- . Operating : - 25°C / + 60°C
- . Storage : - 40°C / + 70°C

#### Derating of RCCBs function of the number of devices placed side by side:

When several RCCBs are installed side by side and operate simultaneously, the heat dissipation of one pole is limited. This results in an increased operating temperature for the RCCBs which may cause false tripping. Applying the following coefficients to the operating currents is recommended.

Number of circuit breakers side by side	Coefficient
2 - 3	<b>0.9</b>
4 - 5	<b>0.8</b>
6 - 9	<b>0.7</b>
≥ 10	<b>0.6</b>

These values are provided by recommendation IEC 60439-1 and the standards NF C 63421 and EN 60439-1.

In order to avoid having to use these coefficients there must be good ventilation and the devices must be kept apart using the spacing elements Cat. No. 4 063 07 (0.5 module).

#### Influence of the altitude:

	2,000 m	3,000 m	4,000 m	5,000 m
Dielectric strength	<b>2,000 V</b>	<b>2,000 V</b>	<b>2,000 V</b>	<b>1,500 V</b>
Maximum operating voltage	<b>400 V</b>	<b>400 V</b>	<b>400 V</b>	<b>400 V</b>
Derating at 30°C	<b>none</b>	<b>none</b>	<b>none</b>	<b>none</b>

#### DC operation:

- . Cannot be used with DC

#### Operation at 400 Hz:

- . Cannot be used at 400 Hz

### 5. GENERAL CHARACTERISTICS *(continued)*

#### Resistance to sinusoidal vibrations: (in accordance with IEC 68.2.6)

- . Axes: x / y / z
- . Frequency: 10 to 55 Hz
- . Acceleration: 3 g ( $1 \text{ g} = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$ )

#### Resistance aux tremors :

- . Conforms to standard NF EN 61008-1

### 6. COMPLIANCE AND APPROVALS

#### In accordance with standards:

- . NF EN 61008-1/IEC 61008-1
- . EN/IEC 60 529 (IP)

#### Environment: respect – Compliance with EEC directives:

- . Compliance with European Union Directives
- . Compliance with Directive 2002/95/EC of 27/01/03 known as "RoHS" which provides for a restriction on the use of dangerous substances such as lead, mercury, cadmium, hexavalent chromium and polybrominated biphenyl (PBB) and polybrominated diphenyl ether (PBDE) brominated flame retardants from 1st July 2006
- . Compliance with the Directive 91/338/EEC of 18/06/91 and decree 94-647 of 27/07/94

#### Usage in special conditions:

- . Category C compliant (testing temperature of -25°C to +70°C, resistant to salt spray) in accordance with the classification defined in Appendix Q of standard IEC/EN 60947-1

#### Plastic materials:

- . Zero halogen plastic materials.
- . Labelling compliant with ISO 11469 and ISO 1043.

#### Packaging:

- . Design and manufacture of packaging compliant with decree 98-638 of 20/07/98 and Directive 94/62/EC

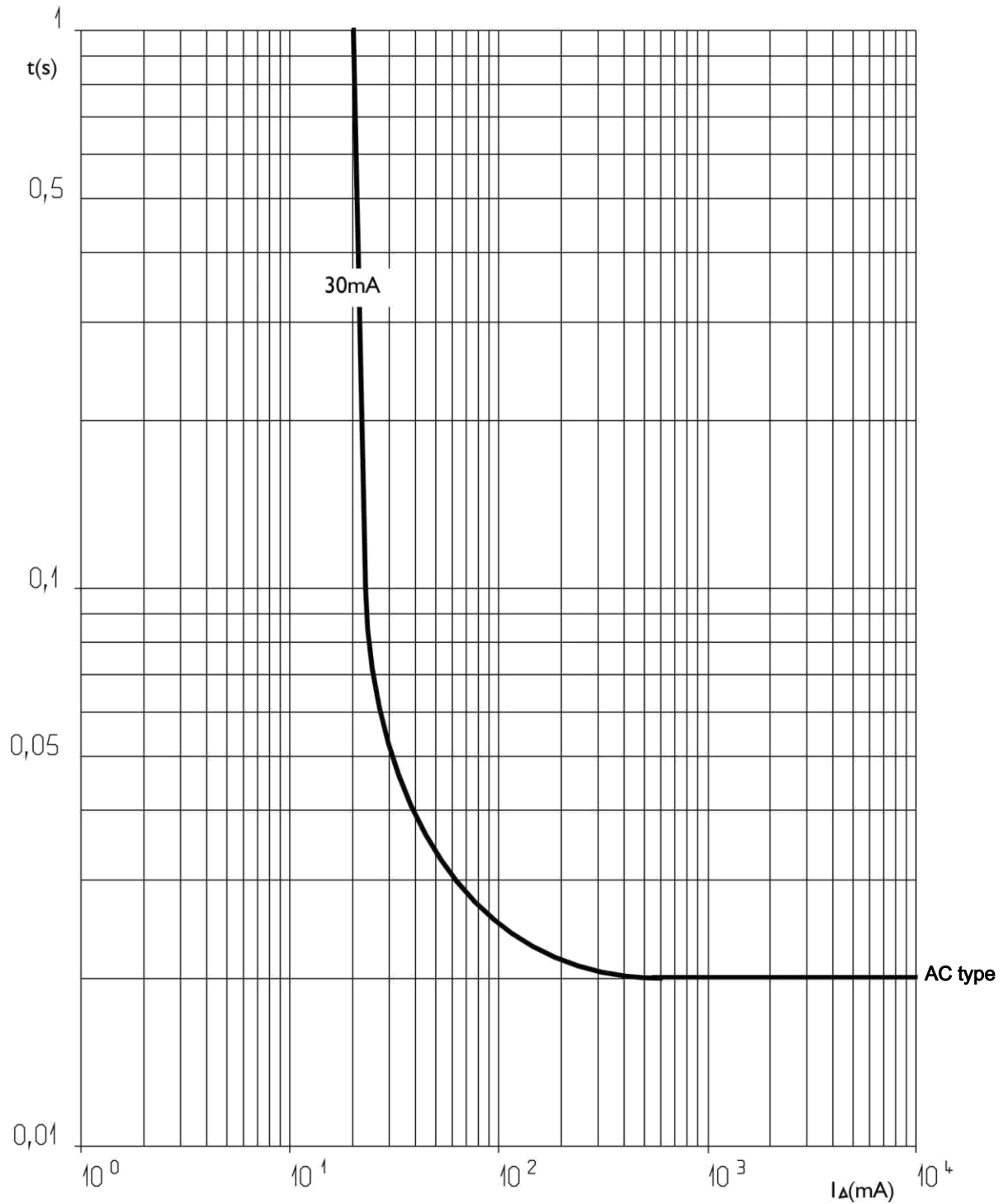
4P Neutral left side - up to 63A

7. CURVES

Tripping current curves:

. Tripping time curve depending on the value of the fault current:

AC TYPE



## 4P Neutral left side - up to 63A

### 8. AUXILIARIES AND ACCESSORIES

**Wiring accessories:**

- . Sealable screw cover (Cat. No. 4 063 04)
- . Terminal for aluminium cable with max. 50 mm<sup>2</sup> cross-section (Cat. No. 4 063 10)

**Sealing:**

- . Possible in the open or closed positions

**Lockout possibilities:**

- . Via Ø 5 mm padlock (Cat. No. 4 063 13) or Ø 6 mm padlock (Cat. Nos. 227 97) and padlock support (Cat. No. 4 063 03)

**Installation software:**

- . XL PRO<sup>3</sup>

### 9. SAFETY

- . For your safety your electrical installation is equipped with residual current protection and this must be tested periodically. In the absence of any national regulations on the time period required for this, Legrand recommends that this test be carried out every month: press the "T" test button, the device should trip. Please call an electrician immediately if this does not happen as your installation's safety level has been reduced
- . The presence of residual current protection does not remove the need to observe all the precautions associated with using electrical energy





## Fusible Cilíndrico 25A 10x38 PV 600V

Referencia: FUCI25A

Los fusibles cilíndricos son aconsejables como protección para su instalación eléctrica solar doméstica o industrial. Su cuerpo cerámico protege a los sistemas contra cortocircuitos.



**6,05 €** (impuestos inc.)



Divide en 3 tu pago. Compras superiores a 50,00 €

secura

Fracciona tu pago desde 50,00 €

secura

- 1 +

AL CARRITO

COMPRA AHORA



Descripción

Ficha Técnica

Fusible cilíndrico de 25 Amperios para aplicaciones fotovoltaicas.

Proporcionan protección contra sobrecargas y cortocircuitos.

Talla: 10 x 38

Tensión: 600V

16 otros productos en la misma categoría:



Chat



IP 66 | TYPE 4, 12, 13 | IK 10



La gama de armarios murales de acero dulce y puerta simple MAS, con grado de protección IP 66, está disponible lista para su uso en muchos tamaños diferentes. Esta gama de armarios se adapta bien a muchas aplicaciones diferentes. Al impedir la entrada de agua y polvo en el armario, se elimina el riesgo de avería de los componentes y, con ello, el tiempo de inactividad.

**Material:** Cuerpo: Acero dulce de 1,2 mm para armarios con 155 mm de profundidad / 1,4 mm para armarios con 210 o 260 mm de profundidad / 1,5 mm para armarios con 300 o 400 mm de profundidad, o con una altura y anchura de 1000 mm o más. Tapa para cables: Acero dulce de 1,4 mm. Puerta: Acero dulce de 1,2 mm / 1,5 mm para armarios con una altura o anchura de 500 mm o más / 2 mm para armarios con una altura o anchura de 800 mm o más. Placa de montaje: Acero galvanizado de 2 mm.

**Estructura:** Plegado y soldado. Cuatro taladros de 8.5 mm de diámetro para fijación mural, embutidos 2 mm x 20.4 mm de diámetro para permitir el flujo de aire entre la pared y el posterior del armario.

**Puerta:** Montada en superficie con ángulo de apertura de 130°. Bisagras desmontables ocultas con pasador cautivo. Se pueden montar para permitir la apertura a mano izquierda o derecha. Pernos M6 soldados en el interior de la puerta para la colocación de perfiles de montaje MMDP. La protección está asegurada por medio de una junta de poliuretano inyectada en continuo.

**Cierre:** Cerradura de doble paletón de 3 mm personalizada de nVent HOFFMAN con movimiento de 90° y mecanismo antivibración. Dos cierres para armarios con una altura de 600 mm a 800 mm. Cierre de varillas de tres puntos para armarios de 1000 mm o de una altura superior. También hay disponibles otros insertos como accesorios.

**Placa de montaje:** La placa de montaje está marcada verticalmente a intervalos de 10 mm para facilitar la posición horizontal del equipo. En la parte superior e inferior están dispuestos unos taladros para facilitar la fijación de los cables. Fijada sobre pernos M8 soldados a la parte trasera del armario. A partir de armarios de 800 mm y superiores, todos los lados están reforzados con bordes plegados. Si se utiliza el accesorio AMG, la placa de montaje puede ser ajustada a cualquier profundidad.

**Apertura salida de cables:** Situada en el posterior del armario para facilitar el cableado hasta la placa.

**Protección:** Se corresponde con IP 66 | TYPE 4, 12, 13 | IK 10. Para instalación en el exterior se recomienda utilizar tejadillo ARF y y pintar con pintura 100% poliéster. Se debe tener en consideración la resistencia a la corrosión.

**Acabado:** Pintado al polvo, texturado, color gris RAL 7035.

**Suministro:** Armario con puerta y placa de montaje (no se incluye para los números de referencia que terminan en PER5). Para una altura de 600 mm y superior, dos perfiles de montaje en puerta. Tapas para cables con juntas, llave de doble paletón de plástico de 3 mm y accesorios de montaje. Llave metálica, para una altura de 1000 mm y superior. Conexiones a tierra.



Con placa de montaje

Dimensión del armario			Dimensión de la placa de montaje		Profundidad útil	Tapa para salida de cables			Nº de cierres	Ref.
A	An	P	a	an	p	Tamaño	Tipo	Aperturas		
200	200	155	170	150	137	110 x 56	0S	1	1	MAS0202015R5
250	200	155	220	150	137	110 x 56	0S	1	1	MAS0252015R5
250	250	155	220	200	137	110 x 56	0S	1	1	MAS0252515R5
300	250	155	270	200	137	110 x 56	0S	1	1	MAS0302515R5
300	250	210	270	200	192	110 x 56	0S	1	1	MAS0302521R5
300	300	155	270	250	137	210 x 56	1S	1	1	MAS0303015R5
300	300	210	270	250	192	210 x 96	1	1	1	MAS0303021R5
300	400	210	270	350	192	310x96	2	1	1	MAS0304021R5
350	250	155	320	200	137	110 x 56	0S	1	1	MAS0352515R5
400	300	155	370	250	137	210 x 56	1S	1	1	MAS0403015R5
400	300	210	370	250	192	210 x 96	1	1	1	MAS0403021R5
400	400	210	370	350	192	310 x 96	2	1	1	MAS0404021R5
400	500	210	370	450	192	410 x 96	3	1	1	MAS0405021R5
400	600	210	370	550	192	510 x 96	4	1	1	MAS0406021R5
500	300	210	470	250	192	210 x 96	1	1	1	MAS0503021R5
500	400	155	470	350	137	310 x 56	2S	1	1	MAS0504015R5
500	400	210	470	350	192	310 x 96	2	1	1	MAS0504021R5
500	400	260	470	350	242	310 x 96	2	1	1	MAS0504026R5
500	400	300	470	350	282	310 x 96	2	1	1	MAS0504030R5
500	500	210	470	450	192	410 x 96	3	1	1	MAS0505021R5
500	500	300	470	450	282	410 x 96	3	1	1	MAS0505030R5
600	400	155	570	350	137	310 x 56	2S	1	2	MAS0604015R5
600	400	210	570	350	192	310 x 96	2	1	2	MAS0604021R5
600	400	260	570	350	242	310 x 96	2	1	2	MAS0604026R5
600	400	300	570	350	282	310 x 96	2	1	2	MAS0604030R5
600	500	155	570	450	137	410 x 56	3S	1	2	MAS0605015R5
600	500	210	570	450	192	410 x 96	3	1	2	MAS0605021R5
600	500	260	570	450	242	410 x 96	3	1	2	MAS0605026R5
600	500	300	570	450	282	410 x 96	3	1	2	MAS0605030R5
600	600	210	570	550	192	510 x 96	4	1	2	MAS0606021R5
600	600	300	570	550	282	510 x 96	4	1	2	MAS0606030R5
600	600	400	570	550	382	510 x 96	4	1	2	MAS0606040R5
600	800	300	570	750	282	310 x 96	2	2	2	MAS0608030R5
700	500	210	670	450	192	410 x 96	3	1	2	MAS0705021R5
700	500	260	670	450	242	410 x 96	3	1	2	MAS0705026R5
800	400	300	770	350	282	310 x 96	2	1	2	MAS0804030R5
800	600	210	770	550	192	510 x 96	4	1	2	MAS0806021R5
800	600	260	770	550	242	510 x 96	4	1	2	MAS0806026R5
800	600	300	770	550	282	510 x 96	4	1	2	MAS0806030R5
800	600	400	770	550	382	510 x 96	4	1	2	MAS0806040R5
800	800	210	770	750	192	310 x 96	2	2	2	MAS0808021R5
800	800	300	770	750	282	310 x 96	2	2	2	MAS0808030R5
800	800	400	770	750	382	310 x 96	2	2	2	MAS0808040R5
1000	600	260	970	550	242	510 x 96	4	1	1*	MAS1006026R5
1000	600	300	970	550	282	510 x 96	4	1	1*	MAS1006030R5
1000	800	260	970	750	242	310 x 96	2	2	1*	MAS1008026R5
1000	800	300	970	750	282	310 x 96	2	2	1*	MAS1008030R5
1000	800	400	970	750	382	310 x 96	2	2	1*	MAS1008040R5
1200	600	300	1170	550	282	510 x 96	4	1	1*	MAS1206030R5
1200	800	300	1170	750	282	310 x 96	2	2	1*	MAS1208030R5
1200	800	400	1170	750	382	310 x 96	2	2	1*	MAS1208040R5

Sin placa de montaje

Dimensión del armario			Tapa para salida de cables				Ref.
A	An	P	Tamaño	Tipo	Aperturas	Nº de cierres	
200	200	155	110 x 56	0S	1	1	MAS0202015PER5
250	200	155	110 x 56	0S	1	1	MAS0252015PER5
250	250	155	110 x 56	0S	1	1	MAS0252515PER5
300	250	155	110 x 56	0S	1	1	MAS0302515PER5
300	250	210	110 x 56	0S	1	1	MAS0302521PER5
300	300	155	210 x 56	1S	1	1	MAS0303015PER5
300	300	210	210 x 96	1	1	1	MAS0303021PER5
300	400	210	310x96	2	1	1	MAS0304021PER5
350	250	155	110 x 56	0S	1	1	MAS0352515PER5
400	300	155	210 x 56	1S	1	1	MAS0403015PER5
400	300	210	210 x 96	1	1	1	MAS0403021PER5
400	400	210	310 x 96	2	1	1	MAS0404021PER5
400	500	210	410 x 96	3	1	1	MAS0405021PER5
400	600	210	510 x 96	4	1	1	MAS0406021PER5
500	300	210	210 x 96	1	1	1	MAS0503021PER5
500	400	155	310 x 56	2S	1	1	MAS0504015PER5
500	400	210	310 x 96	2	1	1	MAS0504021PER5
500	400	260	310 x 96	2	1	1	MAS0504026PER5
500	400	300	310 x 96	2	1	1	MAS0504030PER5
500	500	210	410 x 96	3	1	1	MAS0505021PER5
500	500	300	410 x 96	3	1	1	MAS0505030PER5
600	400	155	310 x 56	2S	1	2	MAS0604015PER5
600	400	210	310 x 96	2	1	2	MAS0604021PER5
600	400	260	310 x 96	2	1	2	MAS0604026PER5
600	400	300	310 x 96	2	1	2	MAS0604030PER5
600	500	155	410 x 56	3S	1	2	MAS0605015PER5
600	500	210	410 x 96	3	1	2	MAS0605021PER5
600	500	260	410 x 96	3	1	2	MAS0605026PER5
600	500	300	410 x 96	3	1	2	MAS0605030PER5
600	600	210	510 x 96	4	1	2	MAS0606021PER5
600	600	300	510 x 96	4	1	2	MAS0606030PER5
600	600	400	510 x 96	4	1	2	MAS0606040PER5
600	800	300	310 x 96	2	2	2	MAS0608030PER5
700	500	210	410 x 96	3	1	2	MAS0705021PER5
700	500	260	410 x 96	3	1	2	MAS0705026PER5
800	400	300	310 x 96	2	1	2	MAS0804030PER5
800	600	210	510 x 96	4	1	2	MAS0806021PER5
800	600	260	510 x 96	4	1	2	MAS0806026PER5
800	600	300	510 x 96	4	1	2	MAS0806030PER5
800	600	400	510 x 96	4	1	2	MAS0806040PER5
800	800	210	310 x 96	2	2	2	MAS0808021PER5
800	800	300	310 x 96	2	2	2	MAS0808030PER5
800	800	400	310 x 96	2	2	2	MAS0808040PER5
1000	600	260	510 x 96	4	1	1*	MAS1006026PER5
1000	600	300	510 x 96	4	1	1*	MAS1006030PER5
1000	800	260	310 x 96	2	2	1*	MAS1008026PER5
1000	800	300	310 x 96	2	2	1*	MAS1008030PER5
1000	800	400	310 x 96	2	2	1*	MAS1008040PER5
1200	600	300	510 x 96	4	1	1*	MAS1206030PER5
1200	800	300	310 x 96	2	2	1*	MAS1208030PER5
1200	800	400	310 x 96	2	2	1*	MAS1208040PER5

\* Los armarios de 1000 mm de altura y superiores, van provistos de un cierre de varilla de tres puntos.



**Descripción:** Utilizado para facilitar el montaje de los elementos de carril DIN con una altura máxima de 68 mm. Distancia entre filas: 125 mm. En caso necesario, la puerta del armario estándar puede ser sustituida por una puerta transparente. La distancia útil entre el chasis y la puerta es de 35 mm. En armarios de acero inoxidable se requiere mecanizado.

**Material:** Carriles DIN PP0735 fabricados en acero galvanizado de 1.2 mm, perfiles verticales de chapa de acero de 1.5 mm y tapas de acero de 1.5 mm.

**Acabado:** Pintado al polvo, texturado, color gris RAL 7035.

**Cantidad por embalaje:** Panel frontal ranurado, dos perfiles verticales, tapas ciegas en la parte superior e inferior, un carril DIN por fila y accesorios de montaje.

**Instrucciones de montaje:** Para montar en armarios MAS y ASR.

Para armario				
A	An	Nº de módulos	Nº de filas	Ref.
300	250	16	2	AC03025R5
400	300	33	3	AC04030R5
500	400	48	3	AC05040R5
600	400	64	4	AC06040R5
600	600	108	4	AC06060R5
700	500	110	5	AC07050R5
800	600	162	6	AC08060R5
1000	600	189	7	AC10060R5
1000	800	266	7	AC10080R5



# CorePro tubo LED EM/230V T8

## CorePro LEDtube 600mm 8W840

CorePro LEDtube es una solución LED económica adecuada para la sustitución de lámparas fluorescentes T8. Proporciona un efecto de luz natural en aplicaciones de iluminación general, así como un ahorro energético inmediato. Es una solución respetuosa con el medio ambiente.

### Advertencias y seguridad

• -

### Datos del producto

Información general		Operativos y eléctricos	
Base de casquillo	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]	Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Conforme con EU RoHS	Sí	Power (Rated) (Nom)	8 W
Vida útil nominal (nom.)	30000 h	Hora de inicio (nom.)	0,5 s
Ciclo de conmutación	200.000X	Tiempo de calentamiento hasta el 60 % flujo lum. (nom.)	0.5 s
Datos técnicos de la luz		Factor de potencia (nom.)	0.9
Código de color	840 [ CCT de 4000 K (841)]	Voltaje (nom.)	220-240 V
Ángulo de haz (nom.)	240 °	Temperatura	
Flujo lumínico (nom.)	800 lm	T ambiente (máx.)	45 °C
Designación de color	Blanco frío (CW)	T ambiente (mín.)	-20 °C
Temperatura del color con correlación (nom.)	4000 K	T de almacenamiento (máx.)	65 °C
Eficacia lumínica (nominal) (nom.)	100,00 lm/W	T de almacenamiento (mín.)	-40 °C
Consistencia del color	<6	Temperatura máxima (nom.)	40 °C
Índice de reproducción cromática -CRI (nom.)	80		
LLMF al fin de vida útil nominal (nom.)	70 %		

# CorePro tubo LED EM/230V T8

## Controles y regulación

Regulable	No
-----------	----

## Mecánicos y de carcasa

Material de bombilla	Cristal
Longitud de producto	600 mm

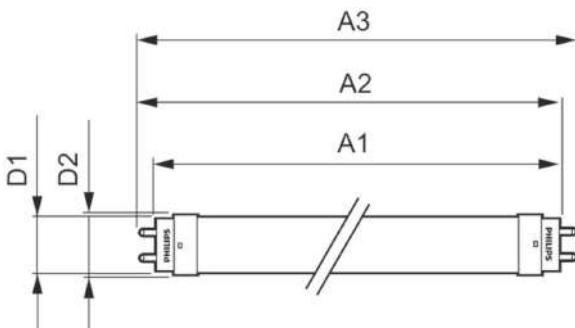
## Aprobación y aplicación

Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A+
Producto de ahorro de energía	Sí
Certificados disponibles	Marca CE Conformidad con RoHS Certificado KEMA Keur
Consumo energético kWh/1000 h	8 kWh

## Datos de producto

Código de producto completo	871869671103300
Nombre de producto del pedido	CorePro LEDtube 600mm 8W840
EAN/UPC - Producto	8718696711033
Código de pedido	71103300
Cantidad por paquete SAP	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	10
Material SAP	929001338602
Peso neto (pieza) SAP	0,120 kg

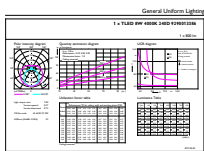
## Plano de dimensiones



TLED 2ft 8-18W 800lm 4000K G13 Ess-Corep

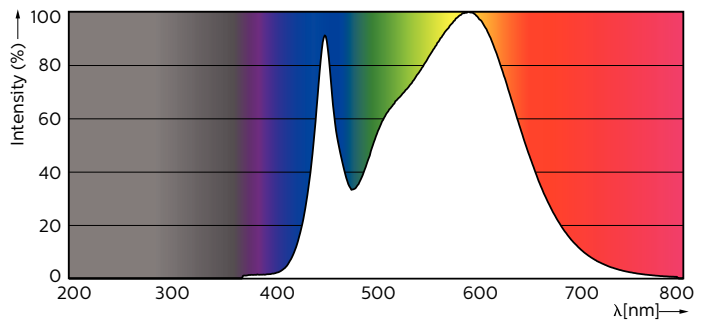
Product	D1	D2	A1	A2	A3
CorePro LEDtube 600mm 8W840	25,7 mm	28 mm	588,5 mm	595,5 mm	602,5 mm

## Datos fotométricos



General Uniform Lighting  
1 x TUBO LED 8W 840 800lm  
Page 11

LEDtube 600mm 8W G13 840 800lm

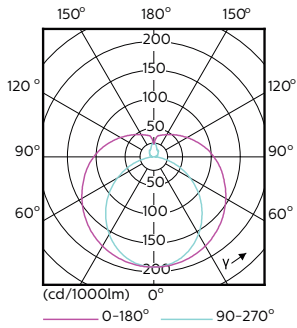


LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm



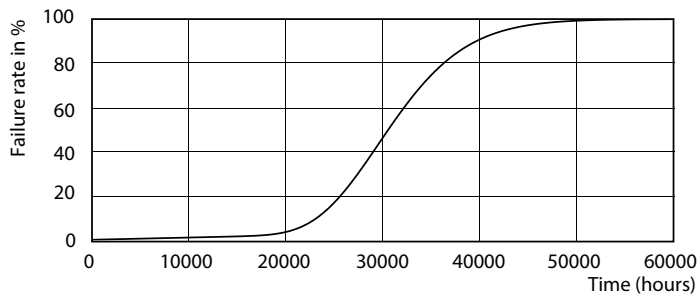
# CorePro tubo LED EM/230V T8

## Datos fotométricos

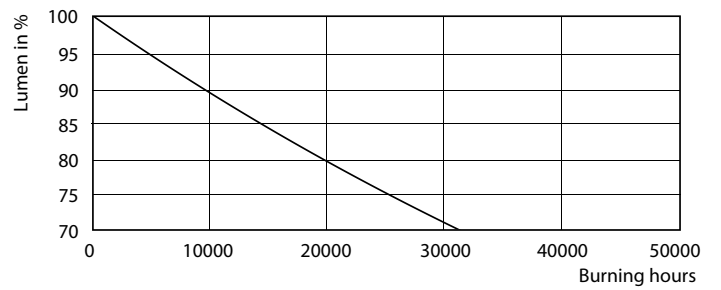


LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm

## Vida útil



LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm



LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm





# CorePro LEDtube EM/ Mains T8

## CorePro LEDtube 1200mm 14.5W865

The CorePro LEDtube is an affordable LED solution suitable for replacing T8 fluorescent lamps. The product provides a natural lighting effect for use in general lighting applications, as well as instant energy savings – an environmentally friendly solution.

### Warnings and Safety

- NOTES: The overall energy efficiency and light distribution of any installation that uses these lamps are determined by the design of the installation.

### Product data

General Information	
Cap-Base	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]
EU RoHS compliant	Yes
Nominal Lifetime (Nom)	30000 h
Switching Cycle	200000X

Light Technical	
Color Code	865 [ CCT of 6500K]
Beam Angle (Nom)	240 °
Luminous Flux (Nom)	1600 lm
Color Designation	Cool Daylight
Correlated Color Temperature (Nom)	6500 K
Luminous Efficacy (rated) (Nom)	110.00 lm/W
Color Consistency	<6
Color Rendering Index (Nom)	80
LLMF At End Of Nominal Lifetime (Nom)	70 %

Operating and Electrical	
Input Frequency	50 to 60 Hz
Power (Nom)	14.5 W
Starting Time (Nom)	0.5 s
Warm Up Time to 60% Light (Nom)	0.5 s
Power Factor (Nom)	0.9
Voltage (Nom)	220-240 V

Temperature	
T-Ambient (Max)	45 °C
T-Ambient (Min)	-20 °C
T-Storage (Max)	65 °C
T-Storage (Min)	-40 °C
T-Case Maximum (Nom)	40 °C

# CorePro LEDtube EM/Mains T8

## Controls and Dimming

Dimmable	No
----------	----

## Mechanical and Housing

Bulb Material	Glass
Product Length	1200 mm

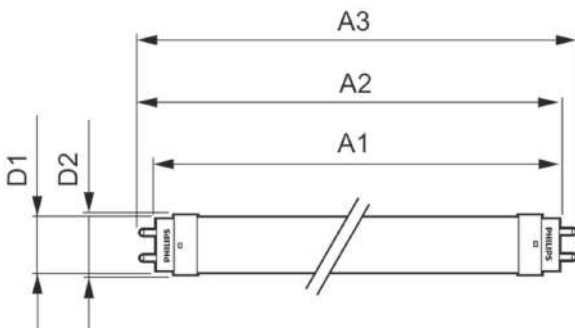
## Approval and Application

Energy Efficiency Label (EEL)	A+
Energy Saving Product	Yes
Approval Marks	CE marking RoHS compliance KEMA Keur certificate
Energy Consumption kWh/1000 h	15 kWh

## Product Data

Full product code	871869671109500
Order product name	CorePro LEDtube 1200mm 14.5W865
EAN/UPC - Product	8718696711095
Order code	929001338902
Numerator - Quantity Per Pack	1
Numerator - Packs per outer box	10
Material Nr. (12NC)	929001338902
Net Weight (Piece)	0.215 kg

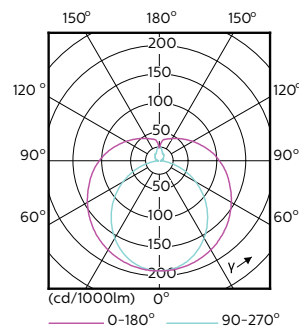
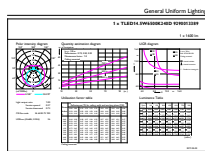
## Dimensional drawing



TLED 4ft 14.5-36W 1600lm 6500K G13 Ess

Product	D1	D2	A1	A2	A3
CorePro LEDtube 1200mm 14.5W865	25.7 mm	28 mm	1198 mm	1205 mm	1212 mm

## Photometric data

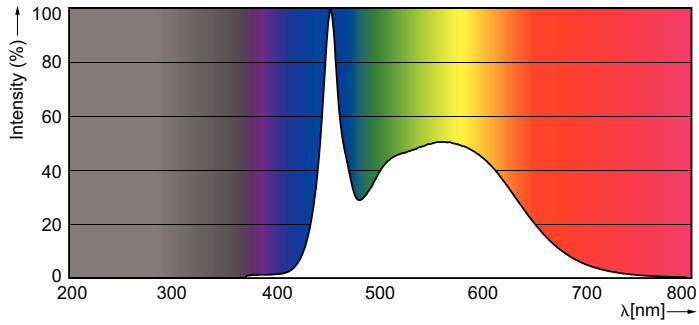


LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm

LEDtube 1200mm 15W G13 865 1600lm

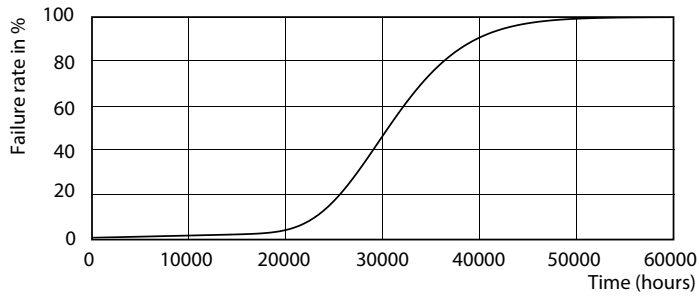
# CorePro LEDtube EM/Mains T8

## Photometric data

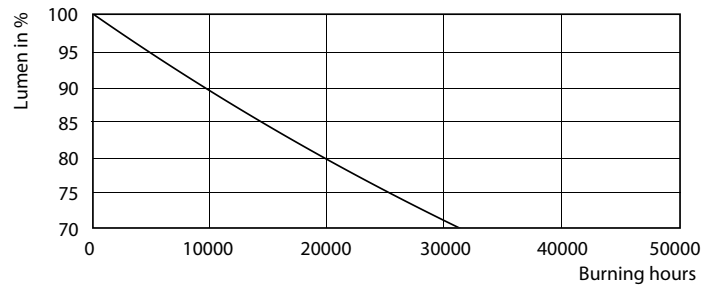


SDPO\_MLEDGA\_0051-Spectral Power distribution

## Lifetime



LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm



LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm





# CorePro tubo LED EM/230V T8

## CorePro LEDtube 1500mm 20W 865

CorePro LEDtube es una solución LED económica adecuada para la sustitución de lámparas fluorescentes T8. Proporciona un efecto de luz natural en aplicaciones de iluminación general, así como un ahorro energético inmediato. Es una solución respetuosa con el medio ambiente.

### Advertencias y seguridad

• -

### Datos del producto

Información general	
Base de casquillo	G13 [ Medium Bi-Pin Fluorescent]
Conforme con EU RoHS	Sí
Vida útil nominal (nom.)	30000 h
Ciclo de conmutación	200.000X

Datos técnicos de la luz	
Código de color	865 [ CCT de 6500 K]
Ángulo de haz (nom.)	240 °
Flujo lumínico (nom.)	2200 lm
Designación de color	Luz Día Frío
Temperatura del color con correlación (nom.)	6500 K
Eficacia lumínica (nominal) (nom.)	110,00 lm/W
Consistencia del color	<6
Índice de reproducción cromática -CRI (nom.)	80
LLMF al fin de vida útil nominal (nom.)	70 %

Operativos y eléctricos	
Frecuencia de entrada	50 a 60 Hz
Power (Rated) (Nom)	20 W
Hora de inicio (nom.)	0,5 s
Tiempo de calentamiento hasta el 60 % flujo lum. (nom.)	0.5 s
Factor de potencia (nom.)	0.9
Voltaje (nom.)	220-240 V

Temperatura	
T ambiente (máx.)	45 °C
T ambiente (mín.)	-20 °C
T de almacenamiento (máx.)	65 °C
T de almacenamiento (mín.)	-40 °C
Temperatura máxima (nom.)	45 °C

# CorePro tubo LED EM/230V T8

## Controles y regulación

Regulable	No
-----------	----

## Mecánicos y de carcasa

Material de bombilla	Cristal
Longitud de producto	1500 mm

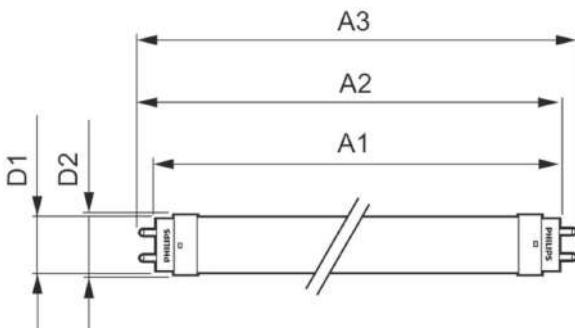
## Aprobación y aplicación

Etiqueta de eficiencia energética (EEL)	A+
Producto de ahorro de energía	Sí
Certificados disponibles	Marca CE Conformidad con RoHS Certificado KEMA Keur
Consumo energético kWh/1000 h	20 kWh

## Datos de producto

Código de producto completo	871869671095100
Nombre de producto del pedido	CorePro LEDtube 1500mm 20W 865
EAN/UPC - Producto	8718696710951
Código de pedido	71095100
Cantidad por paquete SAP	1
Numerador - Paquetes por caja exterior	10
Material SAP	929001338002
Peso neto (pieza) SAP	0,216 kg

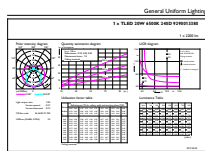
## Plano de dimensiones



TLED 5ft 220-240V 20-57W 2200lm 6500K

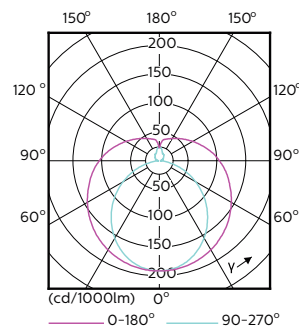
Product	D1	D2	A1	A2	A3
CorePro LEDtube 1500mm 20W 865	25,7 mm	28 mm	1500 mm	1507,1 mm	1514,2 mm

## Datos fotométricos



General Uniform Lighting  
1 x T8 20W 865 LED Tube  
Page 11

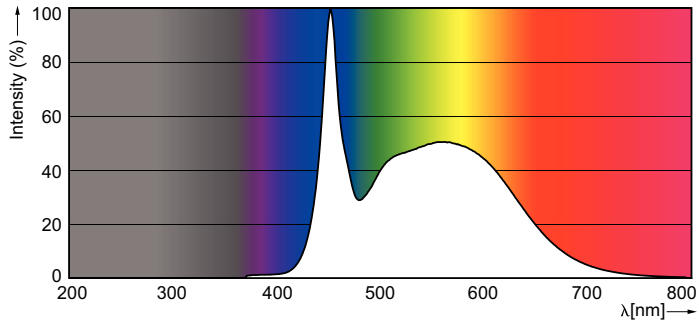
LEDtube 1500mm 20W G13 865 2200lm



LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm

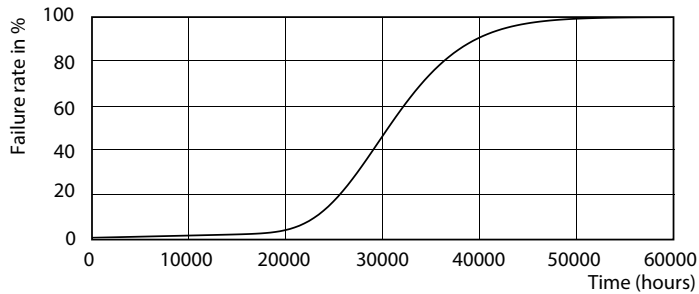
# CorePro tubo LED EM/230V T8

## Datos fotométricos

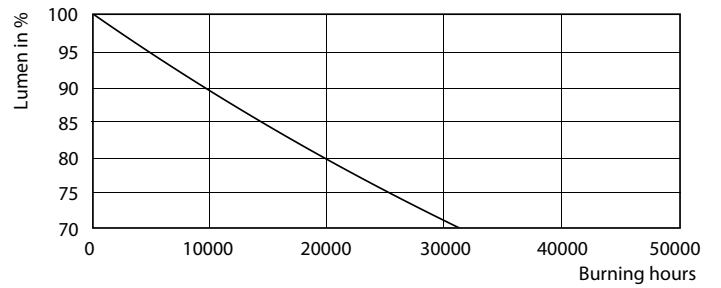


SDPO\_MLEDGA\_0051-Spectral Power distribution

## Vida útil



LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm



LEDtube 1500mm 20W G13 840 2200lm



BOMBILLAS LED E27 ESTÁNDAR

# Bombilla LED E27 A60 10W



## Parámetros técnicos

Potencia:	10 W
Tensión:	220-240V AC
Tensión Nominal:	85-265V AC
Frecuencia:	50-60 Hz
Casquillo:	E27
Fuente Lumínica:	SMD2835
Índice Rep. Cromática (CRI):	80
Luminosidad:	1000 lm
Eficiencia Lumínica:	100 lm/W
Clase Energética:	A+
Ángulo de Apertura:	180°
Tipo de Lente:	Opal
Uso:	Interior
Material:	Aluminio - PC
Dimensiones:	Ø60x109 mm
Tª Ambiente Trabajo:	-20°C ~ +40°C
Vida Útil:	30.000 Horas
Garantía:	2 Años
Certificados:	CE & RoHS, TÜV





# SENTINEL PLUS STAINLESS STEEL 25



**EN** - Founded in 1986, **DTI, S.A.** is a founding member of the **EWFA** (European Window Film Association) and a distributor of adhesive window films for solar protection, interior decoration, privacy, safety, anti-graffiti.

European leader, **DTI, S.A.** is an exclusive distributor of **Saint Gobain Performance Plastics** products.

**ES** - Fundada en 1986, **DTI, S.A.** es miembro fundador de la **EWFA** (European Window Film Association) y distribuye láminas adhesivas para la protección solar, la decoración interior, la privacidad, la seguridad y contra el vandalismo.

Líder europeo, **DTI, S.A.** es distribuidor en exclusiva de los productos de **Saint Gobain Performance Plastics**.

**IT** - Fondata nel 1986, **DTI S.A.** è un membro fondatore della **EWFA** (European Window Film Association) y distribuisce pellicole adesive di protezione solare, decorazione di interni, privacy, sicurezza e contro atti vandalici.

Líder europeo, **DTI S.A.** è distributore esclusivo dei prodotti **Saint Gobain Performance Plastics**.

**FR** - Fondée en 1986, **DTI, S.A.** est membre fondateur de la **EWFA** (European Window Film Association) y distribue des films pour vitrages pour la protection solaire, la sécurité, contre le le vandalisme, le design et la privacité.

Líder européen, **DTI, S.A.** distribue en exclusivité les films pour vitrages de **Saint Gobain Performance Plastics**.

**EN** - Performance results are calculated using **CEN** methodology, **EN410** standard and **LBNL window 7.6** software, and are subject to variations within industry standards and only intended for estimation purposes.

All **Solarcheck®** window films are **B-S1, d0**(EN 13823) and class **M1** (NF P 92-501).

**ES** - Los resultados de las prestaciones publicados han sido calculados siguiendo la metodología **CEN**, norma **EN 410** y el software **LBNL Window 7.6** y pueden estar sujetos a variaciones.

Todas las láminas **Solarcheck®** son ignífugas **B-S1, d0** (EN 13823) y **M1** (NF P 92-501)

**IT** - I risultati sulle prestazioni delle pellicole qui indicate sono ottenuti utilizzando la metodologia **CEN** e il software **LBNL Window 7.6** norma **EN410** e possono essere soggette a variazioni.

Tutte le pellicole **Solarcheck®** sono ignifughe **B-S1,d0** (EN 13823) et **M1** (NF P 93-501).

**FR** - Les performances des films ici indiquées ont été obtenues en utilisant la méthodologie **CEN**, la norme **EN 410** et le software **LBNL Window 7.6** et peuvent être sujettes a variations.

Tous les films **Solarcheck®** sont ignifuges **B-S1,d0** (EN 13823) et **M1** (NF P 93-501).

# SENTINEL PLUS STAINLESS STEEL 25



ES: Lámina de exterior de extraordinarias prestaciones. Capaz de rechazar hasta el 72% de energía solar incidente aporta un buen ahorro en climatización y confortabilidad interior. Con un 28% de Rechazo de luz aporta un brillo discreto y una estética "hi-tech" muy moderna, que revaloriza cualquier fachada. Garantía máxima hasta 7 años (ver condiciones particulares).

EN: Exterior window film with extraordinary performances. Up to 72% of solar energy (heat) rejected. With 28% of VLR this film provides a discreet shine and a very modern "hi-tech" aesthetic, which revalue any facade. Up to 7 years warranty (see special conditions).

IT: Pellicola per applicazione esterna dalle prestazioni straordinarie. Abbatte fino al 72% dell'energia solare (calore) Con il 28% di LVR offre una brillantezza discreta e un'estetica "hi-tech" molto moderna, che rivalorizza qualsiasi facciata. Garanzia massima fino a 7 anni (vedi condizioni).

FR: Film solaire extérieur aux performances extraordinaires. Rejette jusqu'à 72% d'énergie solaire (chaleur). Avec 28% de RLV, il apporte une esthétique «hi-tech» discrète et très moderne revalorisant toutes les façades vitrées. Garantie en extérieur jusqu'à 7 ans (voir conditions particulières).

## Visible Light / Luz Visible:

Glass 4 mm    Glass 4/12/4

		Glass 4 mm	Glass 4/12/4
TR %	Transmittance Transmitida	24	22
R E/I %	Reflectance Exterior/Interior Rechazada Exterior/Interior	28/26	29/30
GL %	Clare reduction Reducción del deslumbramiento	74	73

## Luce Visibile / Lumière Visible:

	Trasmessa Transmission		TR %
	Riflessa Esterno/Interno Réflexion Extérieur/Intérieur		R E/I %
	Clare reduction Réduction de l'éblouissement		GL %

## Solar Energy / Energía Solar:

		Glass 4 mm	Glass 4/12/4
TR %	Transmittance Transmitida	22	18
A %	Absorption Absorbida	51	55
R %	Reflectance Rechazada	27	27
IR %	IR Rejection 780 to 2500 nm IR Rechazados	86	--
UV %	UV Blocked @ 300 to 380 nm UV Bloqueados	99.9	99.9
SC %	Shading Coefficient Coeficiente de sombra	0.44	0.33
SSI %	Solar Selectivity Index (VLT/SHGC) Índice de selectividad espectral	0.54	0.54
TSER%	Total Solar Energy Rejected Energía Solar Total Rechazada	63	72
TSER at 60°	TSER at 60° Angle TSER a ángulo de 60°	69	--
SHGR %	Solar Heat Gain Reduction Reducción de la Ganancia Calórica	56	62
G-Value	Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) Factor Solar G	0.37	0.28
E	Emissivity Emisividad	0.86	0.86
U-(w/m²C)	Winter U Factor (W/m²C°) Valor U de Inverno	5.88	2.72
TdW %	Fade Control UV Tdw-ISO @ 300 to 700 nm Reducción decoloración ISO	8	15
FR %	Fade Reduction Factor Factor Reducción decoloración	81	80

## Energía Solare / Energie Solaire:

	Trasmessa Transmission		TR %
	Assorbita Absorption		A %
	Riflessa Réflexion		R %
	IR Rejection 780 to 2500 nm Rejet d'infrarouge 780 à 2500		IR %
	Raggi UV Respinti @ 300 to 380 nm Réduction Ultraviolets		UV %
	Coefficiente d'Ombreggiatura Coeficiente d'ombrage		SC %
	Solar Selectivity Index (VLT/SHGC) Ratio lumière Visible/Facteur Solaire		SSI %
	Energia Solare Totale Respinta Énergie Solaire Totale Rejetée		TSER%
	TSER a 60° TSER à 60°		TSER at 60°
	Solar Heat Gain Reduction Réduction d'échauffement Solaire		SHGR %
	Fattore Solare Facteur Solaire		G-Value
	Emissività Emissivité		E
	Fattore Invernale (W/m²C°) Valeur U d'Hiver		U-(w/m²C°)
	Fattore Scolorimetri ISO @ 300 to 700 nm Facteur ISO de décoloration		TdW %
	Controlo de lo Scoloramiento Réduction de la décoloration		FR %



OWI SOLAR PROTECTION SOLUTIONS  
2020/REV. Fichas técnicas SOLARCH-CEK®



## **ANEXO IV: Certificación energética actual**

# CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

## IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Administración local. C/ Arrieta, 12		
Dirección	Calle Arrieta nº12		
Municipio	Pamplona	Código Postal	31002
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
Zona climática	D1	Año construcción	1973
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	Anterior a la NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	310000000001867099BX		

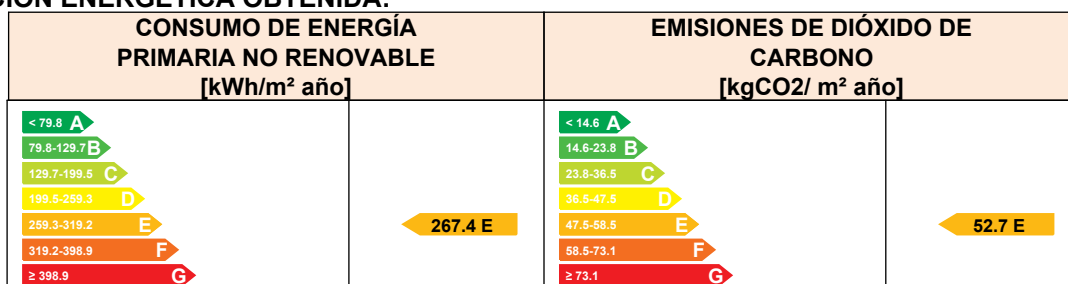
## Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

<input type="radio"/> Edificio de nueva construcción	<input checked="" type="radio"/> Edificio Existente
<input type="radio"/> Vivienda <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Unifamiliar</li> <li><input type="radio"/> Bloque                         <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="radio"/> Bloque completo</li> <li><input type="radio"/> Vivienda individual</li> </ul> </li> </ul>	<input checked="" type="radio"/> Terciario <ul style="list-style-type: none"> <li><input checked="" type="radio"/> Edificio completo</li> <li><input type="radio"/> Local</li> </ul>

## DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	Alessandro de Obesso Sánchez	NIF(NIE)	73135895N
Razón social	Gobierno de Navarra	NIF	S3100000C
Domicilio	Calle Yanguas y Mirandas 27, 2º		
Municipio	Pamplona	Código Postal	31002
Provincia	Navarra	Comunidad Autónoma	Comunidad Foral de Navarra
e-mail:	alessandro.deobesso.sanchez@navarra.es	Teléfono	674494410
Titulación habilitante según normativa vigente	Ingeniero Técnico Industrial		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	CEXv2.3		

## CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:



El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha: 19/04/2021

Firma del técnico certificador

**Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.

**Anexo II.** Calificación energética del edificio.

**Anexo III.** Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.



**Anexo IV.** Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Órgano Territorial Competente:

# ANEXO I DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

## 1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

<b>Superficie habitable [m<sup>2</sup>]</b>	2376.7
<b>Imagen del edificio</b>	<b>Plano de situación</b>
	

## 2. ENVOLVENTE TÉRMICA

### Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Modo de obtención
Medianería SO	Fachada	453.6	0.00	
Medianería SE	Fachada	451.92	0.00	
Fachada SO	Fachada	132.65	2.38	Por defecto
Fachada SE	Fachada	128.45	2.38	Por defecto
Fachada S	Fachada	10.64	2.38	Por defecto
Cubierta con aire	Cubierta	461.91	0.25	Conocidas
Suelo Garaje	Partición Interior	259.44	1.07	Estimadas

### Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventanas Fijas P5-P2 SO	Hueco	154.0	5.35	0.76	Conocido	Conocido
Ventanas Fijas P1 SO	Hueco	38.5	5.35	0.54	Conocido	Conocido
Ventanas Fijas PB SO	Hueco	14.0	5.35	0.76	Conocido	Conocido
Ventanas Osc. P5-P2 SO	Hueco	42.0	5.42	0.63	Conocido	Conocido
Ventanas Osc. P1 SO	Hueco	10.5	5.42	0.45	Conocido	Conocido
Ventanas Fijas P5-P2 S	Hueco	56.0	5.35	0.76	Conocido	Conocido
Ventanas Fijas P1 S	Hueco	10.5	5.35	0.38	Conocido	Conocido
Ventanas Osc. P5-P2 S	Hueco	14.0	5.42	0.63	Conocido	Conocido
Ventanas Fijas P5-P2 SE	Hueco	168.0	5.35	0.76	Conocido	Conocido
Ventanas Fijas P1 SE	Hueco	42.0	5.35	0.76	Conocido	Conocido

Nombre	Tipo	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Transmitancia [W/m <sup>2</sup> ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Ventanas Fijas PB SE	Hueco	7.0	5.35	0.76	Conocido	Conocido
Ventanas Osc P5-P2 SE	Hueco	42.0	5.42	0.63	Conocido	Conocido

### 3. INSTALACIONES TÉRMICAS

#### Generadores de calefacción

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Caldera de gasoil: Buderus Logano GE515 295	Caldera Estándar	295	88.2	Gasóleo-C	Estimado
<b>TOTALES</b>	Calefacción				

#### Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Enfriadora HITACHI Samurai RCUE 120 AG2	Maquina frigorífica		260.3	Electricidad	Estimado
<b>TOTALES</b>	Refrigeración				

#### Instalaciones de Agua Caliente Sanitaria

<b>Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)</b>	0.0
---	-----

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
<b>TOTALES</b>	ACS				

#### Torres de refrigeración (sólo edificios terciarios)

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]
Aero Enfriadora	Torre de refrigeración: 1 velocidad		7453.7
<b>TOTALES</b>			7453.7

#### Ventilación y bombeo (sólo edificios terciarios)

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]
Bomba BC1	Bomba de caudal constante	Calefacción	2989.50
Bomba BC3	Bomba de caudal constante	Calefacción	2989.50
Bomba BF1	Bomba de caudal constante	Refrigeración	18396.80
Bomba BC.P1	Bomba de caudal constante	Calefacción	3449.40
Bomba BC.P2	Bomba de caudal constante	Calefacción	3449.40
Bomba BC.P3	Bomba de caudal constante	Calefacción	3449.40

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía [kWh/año]
Bomba BC.P4	Bomba constante de caudal	Calefacción	3449.40
Bomba BC.P5	Bomba constante de caudal	Calefacción	3449.40
Bomba BF.P1	Bomba constante de caudal	Refrigeración	3449.40
Bomba BF.P2	Bomba constante de caudal	Refrigeración	3449.40
Bomba BF.P3	Bomba constante de caudal	Refrigeración	3449.40
Bomba BF.P4	Bomba constante de caudal	Refrigeración	3449.40
Bomba BF.P5	Bomba constante de caudal	Refrigeración	3449.40
<b>TOTALES</b>			<b>58869.8</b>

#### 4. INSTALACIÓN DE ILUMINACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Potencia instalada [W/m <sup>2</sup> ]	VEEI [W/m <sup>2</sup> ·100lux]	Iluminación media [lux]	Modo de obtención
Edificio Objeto	13.16	2.63	500.00	Conocido
<b>TOTALES</b>	<b>13.16</b>			

#### 5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN (sólo edificios terciarios)

Espacio	Superficie [m <sup>2</sup> ]	Perfil de uso
Edificio	2376.7	Intensidad Media - 12h

## ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	D1	Uso	Intensidad Media - 12h
----------------	----	-----	------------------------

### 1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	<i>Emisiones calefacción [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>G</b>	<i>Emisiones ACS [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	-
	<b>20.76</b>		<b>0.00</b>	
	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Emisiones globales [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<i>Emisiones refrigeración [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>C</b>	<i>Emisiones iluminación [kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>C</b>
	<b>7.28</b>		<b>15.46</b>	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año	kgCO <sub>2</sub> /año
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por consumo eléctrico</i>	31.97	75984.31
<i>Emisiones CO<sub>2</sub> por otros combustibles</i>	20.76	49334.22

### 2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL	INDICADORES PARCIALES			
	<b>CALEFACCIÓN</b>		<b>ACS</b>	
	<i>Energía primaria calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>G</b>	<i>Energía primaria ACS [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	-
	<b>78.69</b>		<b>0.00</b>	
	<b>REFRIGERACIÓN</b>		<b>ILUMINACIÓN</b>	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>C</b>	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<b>C</b>
	<b>42.97</b>		<b>91.24</b>	

### 3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN	DEMANDA DE REFRIGERACIÓN
<i>Demanda de calefacción [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>	<i>Demanda de refrigeración [kWh/m<sup>2</sup> año]</i>

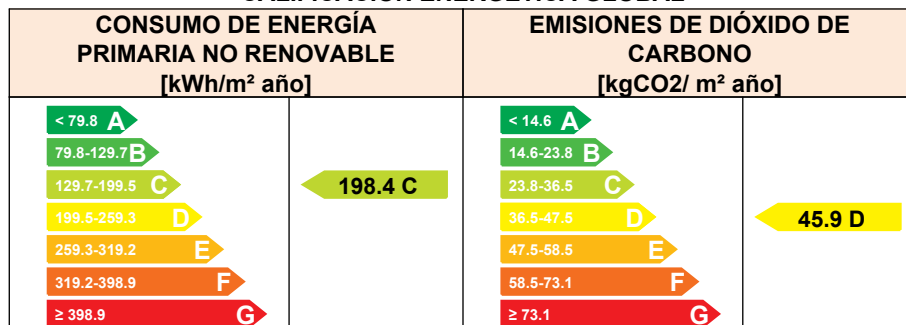
El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales



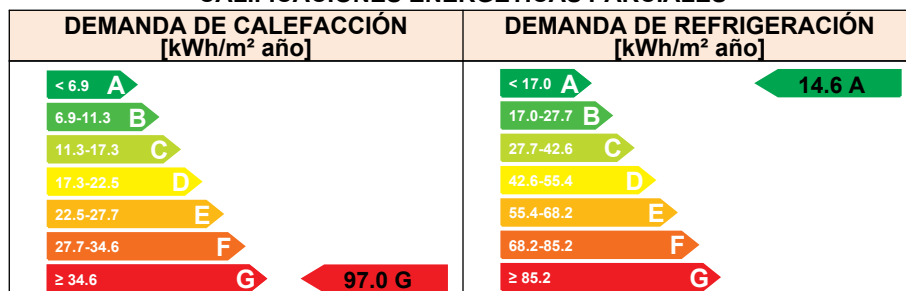
# ANEXO III RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

## Medidas de mejora

### CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL



### CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES



## ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m <sup>2</sup> año]	110.03	-64.9%	5.60	74.5%	0.00	-%	13.25	71.6%	145.20	11.1%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m <sup>2</sup> año]	129.7 3	G -64.9%	10.94	A 74.5%	0.00	- -%	25.90	A 71.6%	198.4 4	C 25.8%
Emisiones de CO <sub>2</sub> [kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> año]	34.22	G -64.9%	1.85	A 74.5%	0.00	- -%	4.39	A 71.6%	45.86	D 13.0%
Demanda [kWh/m <sup>2</sup> año]	97.05	G -64.9%	14.58	A 74.5%						

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

### DESCRIPCIÓN DE LA MEDIDA DE MEJORA

Características de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos )

Coste estimado de la medida

-

Otros datos de interés

## ANEXO IV PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

<b>Fecha de realización de la visita del técnico certificador</b>	19/04/2021
---	------------

### COMENTARIOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR

Las pruebas, comprobaciones y mediciones han sido realizadas "insitu" dentro del edificio por el técnico certificador.

La medida de mejora, la cual abarca la instalación de láminas solares provoca un aumento en la calefacción. Sin embargo, desde el punto de vista del certificador no se considera tal aumento de dicho consumo. Por lo que la certificación real del edificio será mejor

**ANEXO V: Informe PVGIS**

# Rendimiento de un sistema FV conectado a red

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

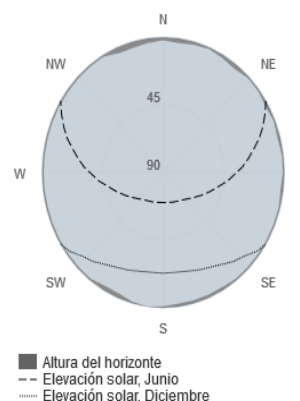
## Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 42.814, -1.641  
 Horizonte: Calculado  
 Base de datos: PVGIS-SARAH  
 Tecnología FV: Silicio cristalino  
 FV instalado: 12.8 kWp  
 Pérdidas sistema: 4.42 %

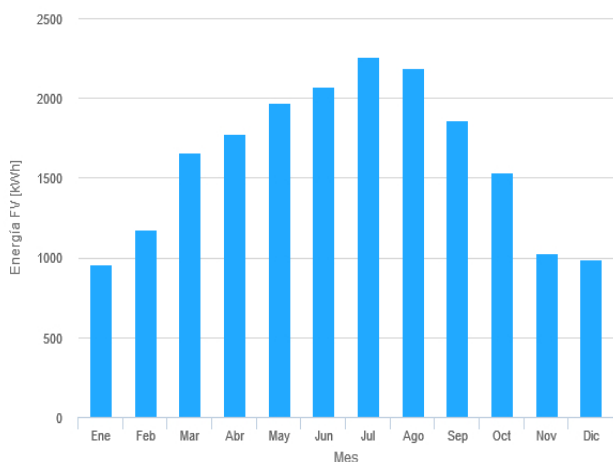
## Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 32 °  
 Ángulo de azimut: 0 °  
 Producción anual FV: 19465.49 kWh  
 Irradiación anual: 1723.86 kWh/m<sup>2</sup>  
 Variación interanual: 871.38 kWh  
 Cambios en la producción debido a:  
 Ángulo de incidencia: -2.8 %  
 Efectos espectrales: 1.11 %  
 Temperatura y baja irradiancia: -6.09 %  
 Pérdidas totales: -11.78 %

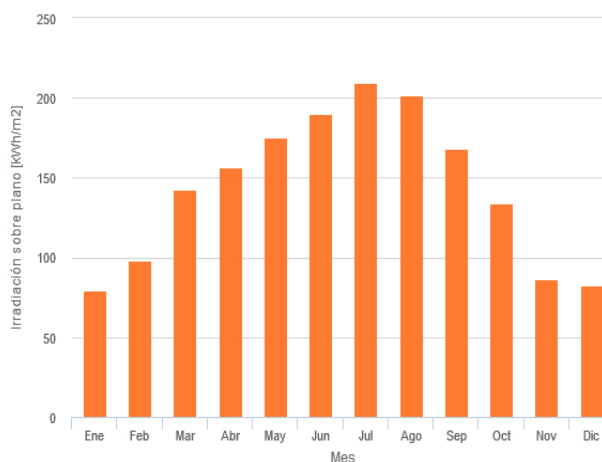
## Perfil del horizonte:



## Producción de energía mensual del sistema FV fijo:



## Irradiación mensual sobre plano fijo:



## Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	957.3	79.7	145.0
Febrero	1177.3	98.1	254.6
Marzo	1656.0	142.2	269.5
Abril	1772.5	156.2	228.3
Mayo	1966.7	175.3	243.3
Junio	2069.6	189.8	157.1
Julio	2262.2	209.7	147.5
Agosto	2187.2	201.8	91.2
Septiembre	1863.4	168.2	101.3
Octubre	1536.8	134.1	142.7
Noviembre	1027.5	86.6	186.4
Diciembre	989.0	82.2	174.4

E\_m: Producción eléctrica media mensual del sistema dado [kWh].

H(i)\_m: Suma media mensual de la irradiación global recibida por metro cuadrado por los módulos del sistema dado [kWh/m²].

SD\_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual [kWh].

# **PLANOS**

**052021.1. Plano de situación**

**052021.2. Plano de emplazamiento**

**052021.3. Plano PB**

**052021.4. Plano P1**

**052021.5. Plano P2**

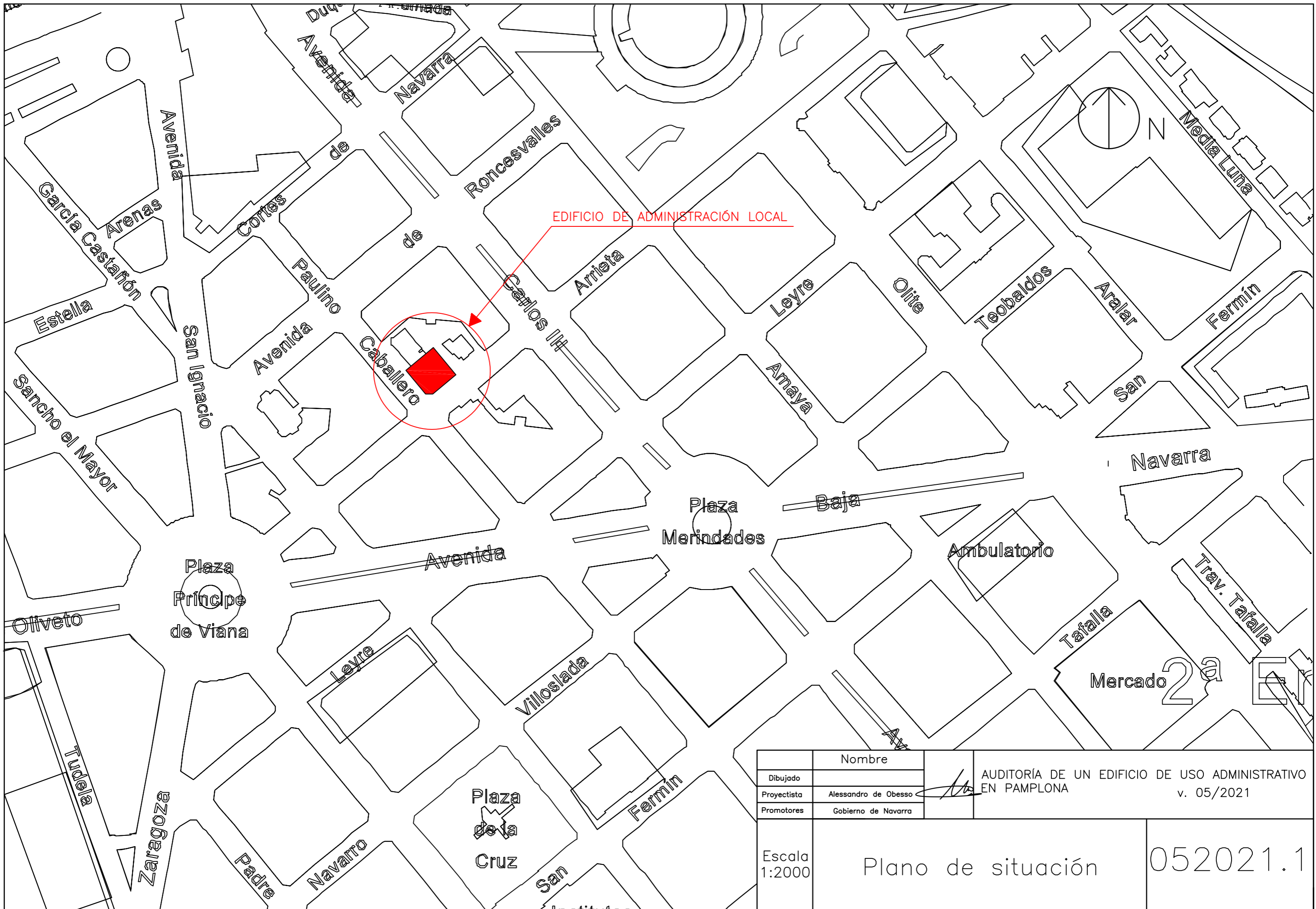
**052021.6. Plano P3**

**052021.7. Plano P4**

**052021.8. Plano P5**

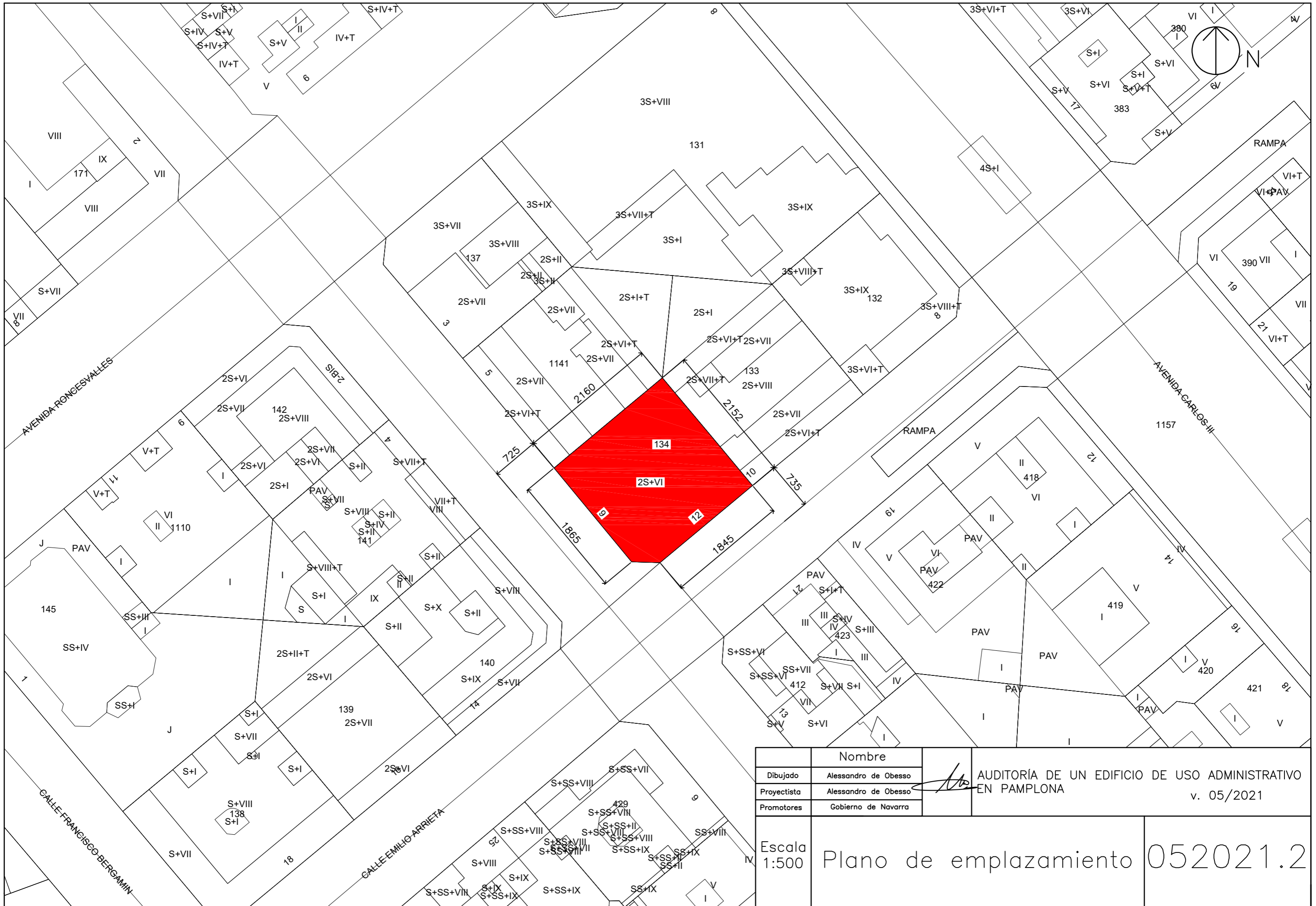
**052021.9. Esquema unifilar instalación  
fotovoltaica**


**052021.10. Distribución de los paneles**

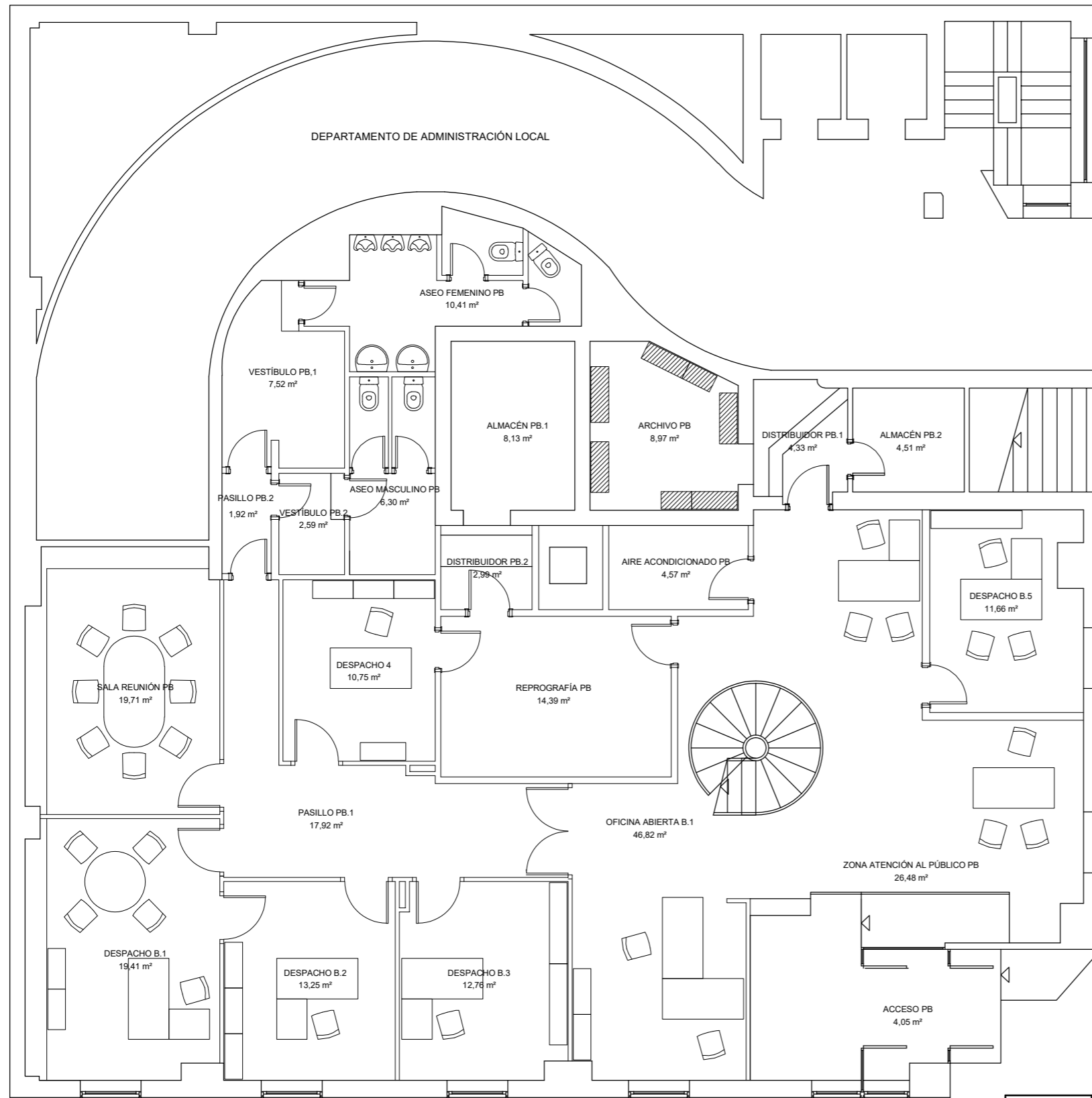



EDIFICIO DE ADMINISTRACIÓN LOCAL

	Nombre		AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado			
Proyectista	Alessandro de Obeso		
Promotores	Gobierno de Navarra		
Escala 1:2000	Plano de situación		052021.1

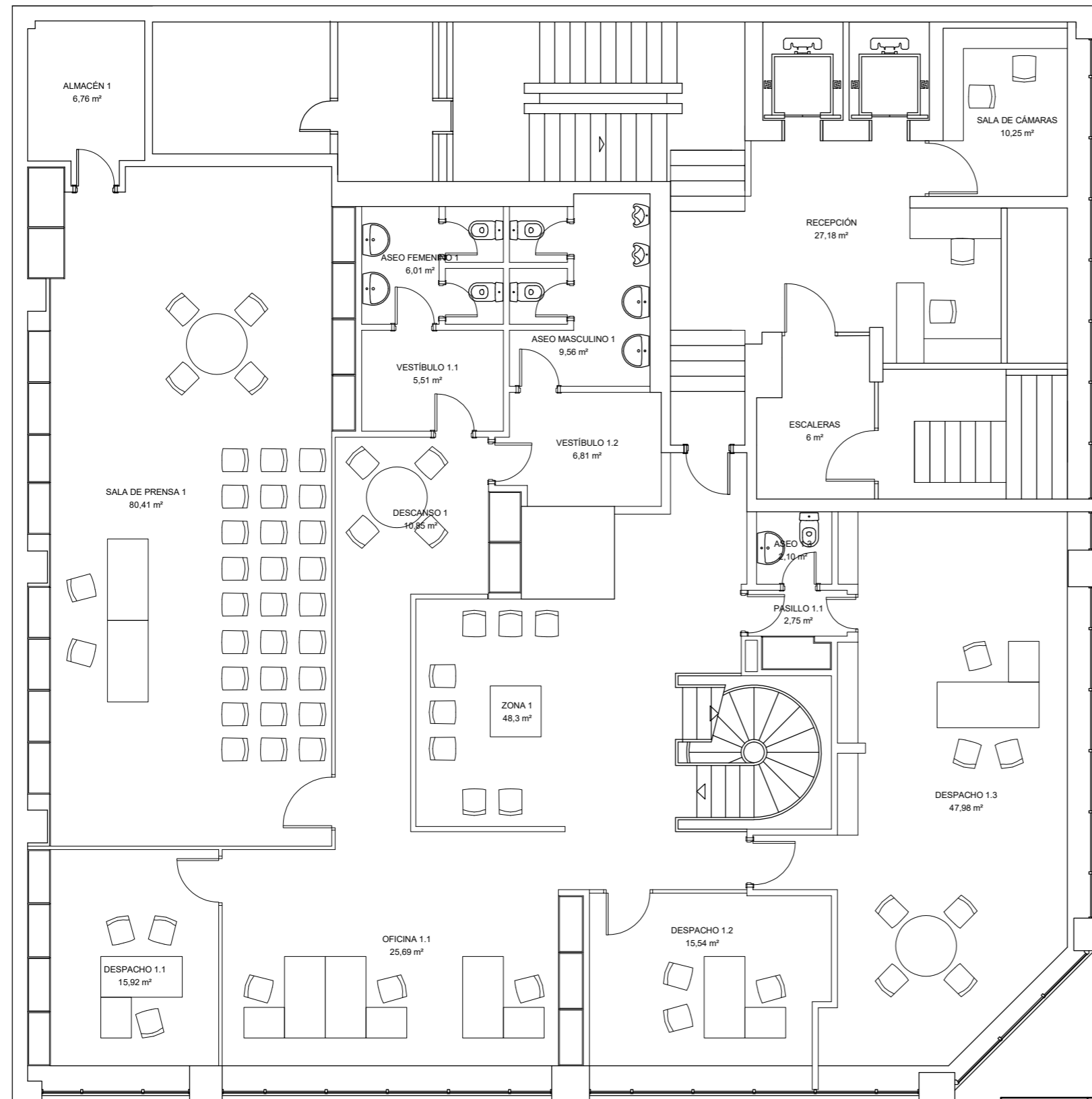


	Nombre	 AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado	Alessandro de Obesso	
Proyectista	Alessandro de Obesso	
Promotores	Gobierno de Navarra	
Escala 1:500	Plano de emplazamiento 052021.2	



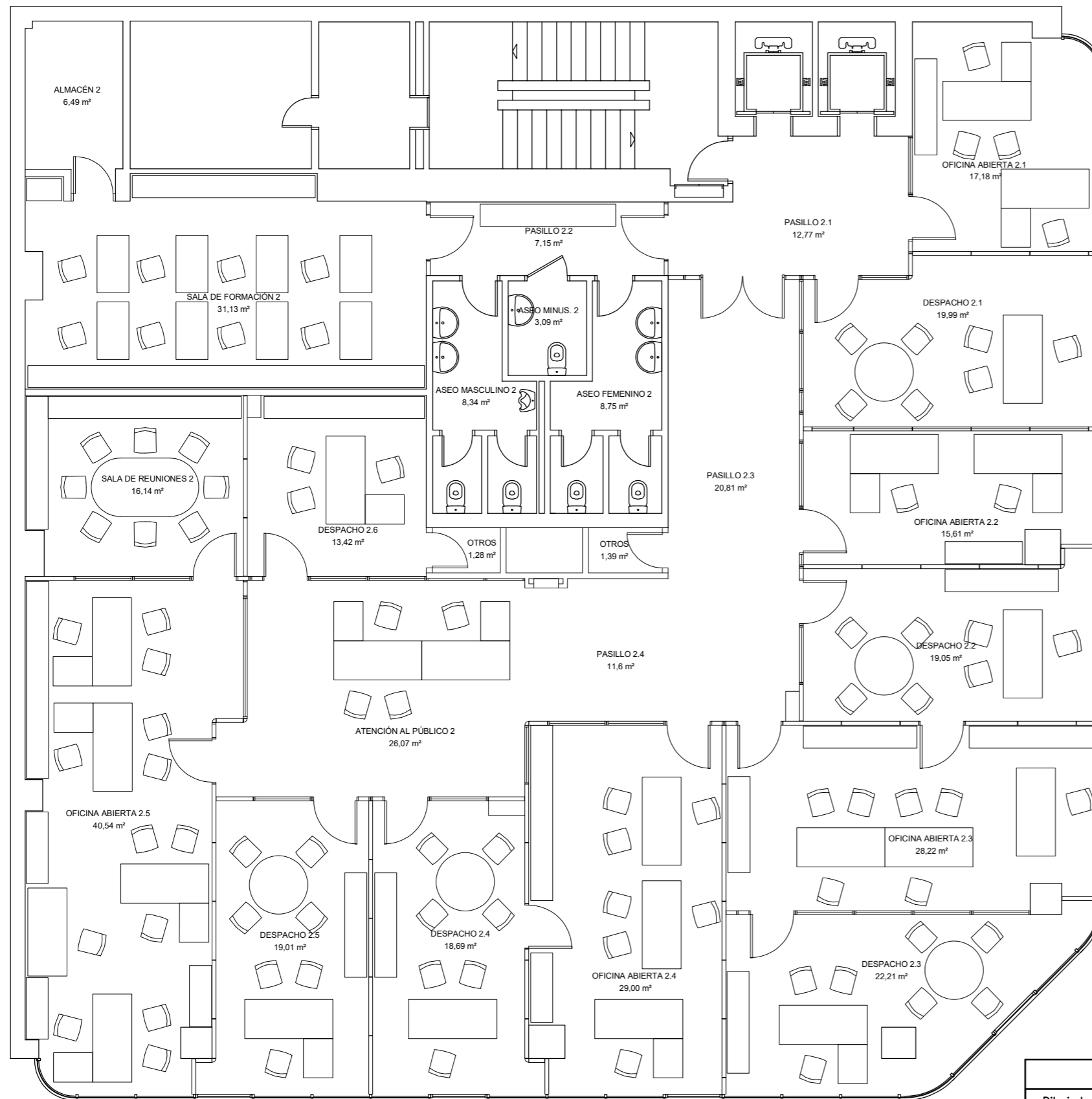
	Nombre		AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado			
Proyectista	Alessandro de Obesso		
Promotores	Gobierno de Navarra		
Escala 1:100	Plano PB		052021.3






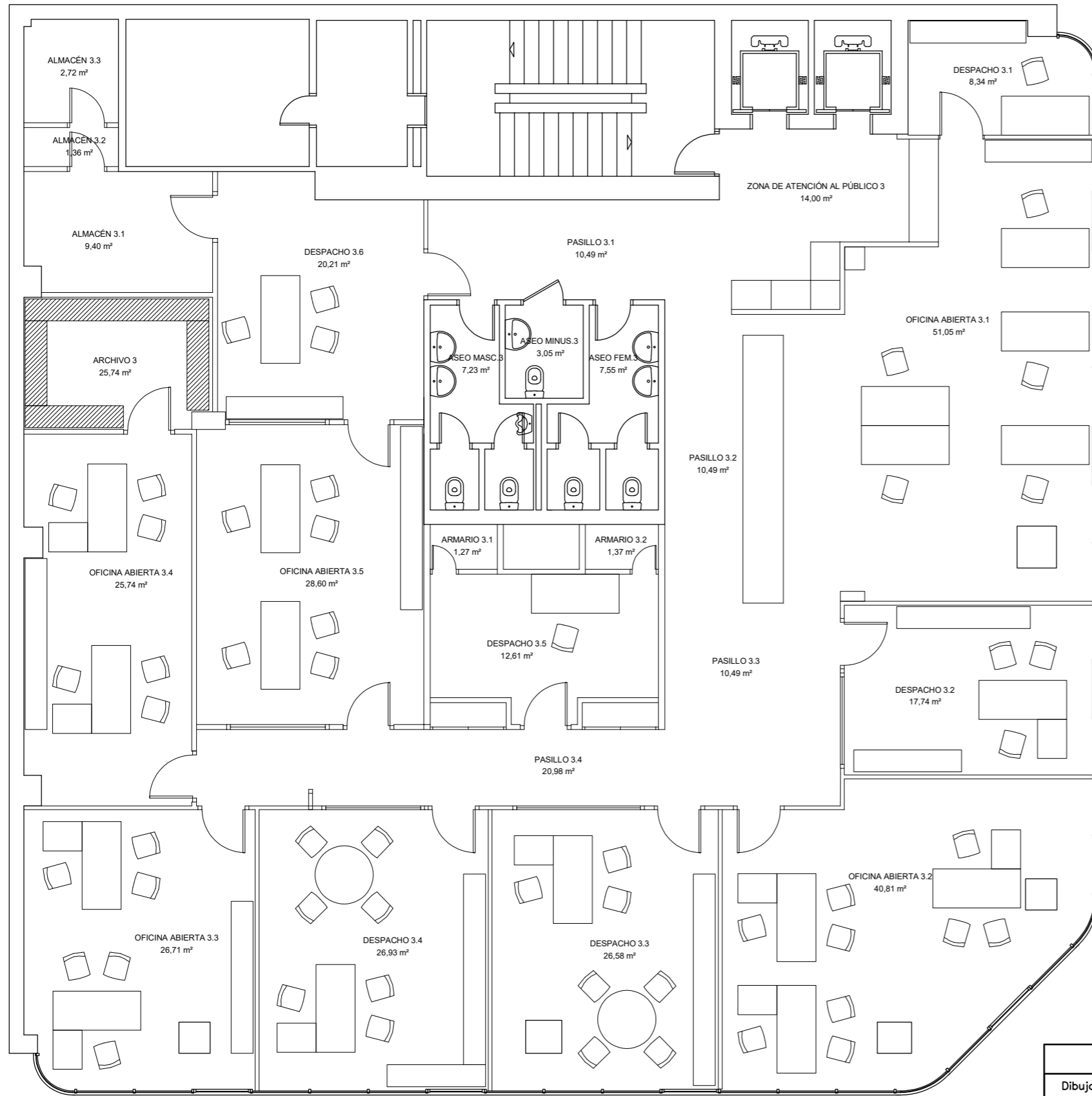
	Nombre		AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado			
Proyectista	Alessandro de Obesse		
Promotores	Gobierno de Navarra		

Escala 1:100	Plano P1	052021.4
-----------------	----------	----------



	Nombre		AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado			
Proyectista	Alessandro de Obesse		
Promotores	Gobierno de Navarra		

Escala 1:100	Plano P2	052021.5
-----------------	----------	----------

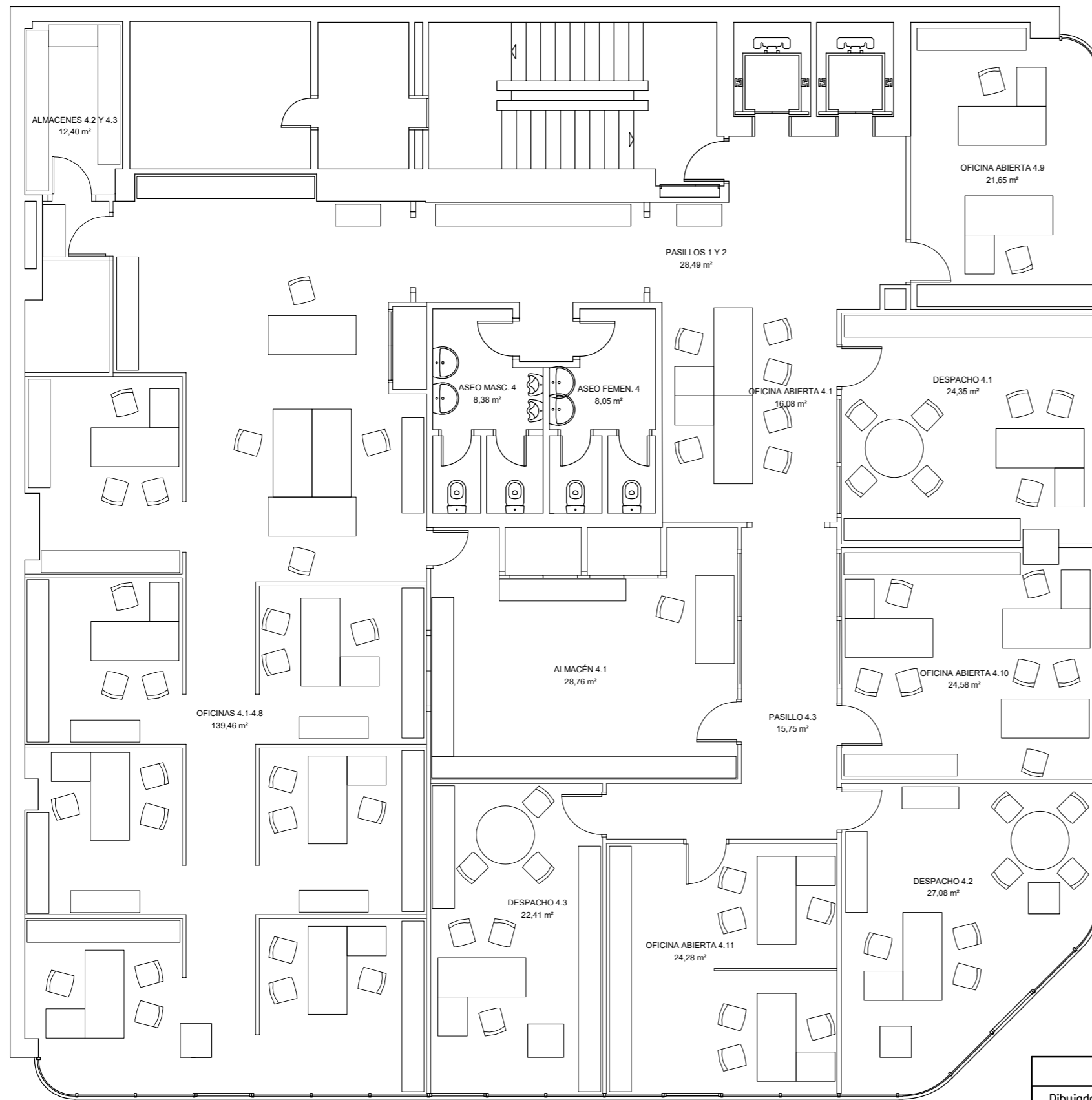


	Nombre		AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado			
Proyectista	Alessandro de Obesso		
Promotores	Gobierno de Navarra		

Escala  
1:100

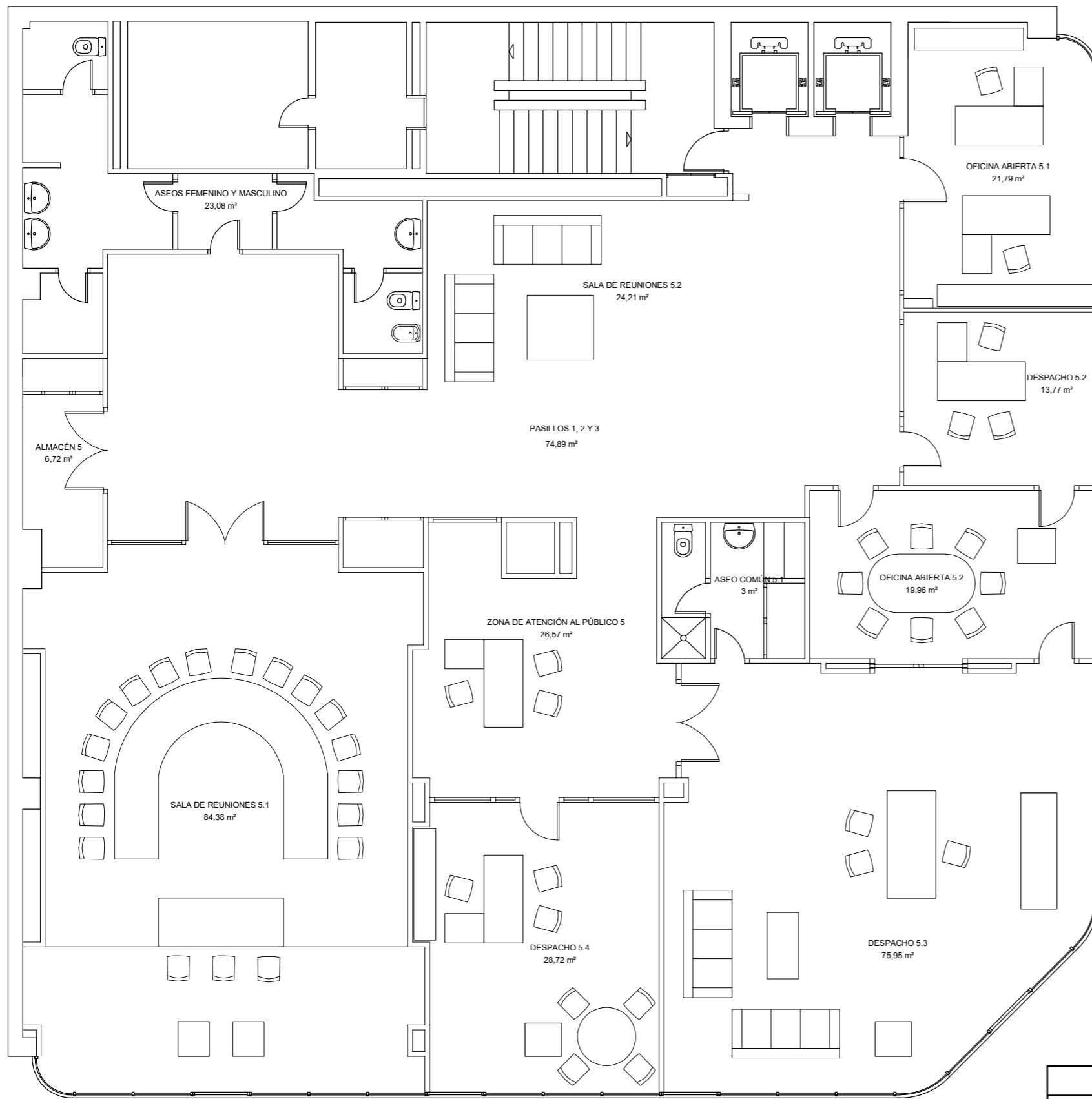
Plano P3

052021.6



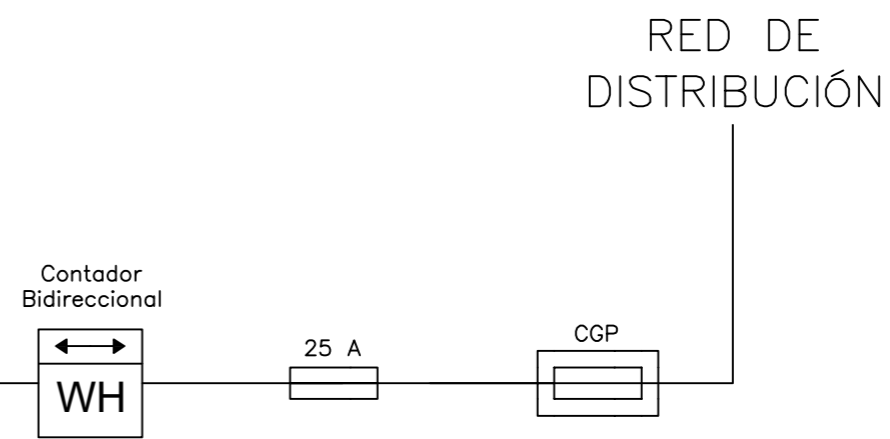
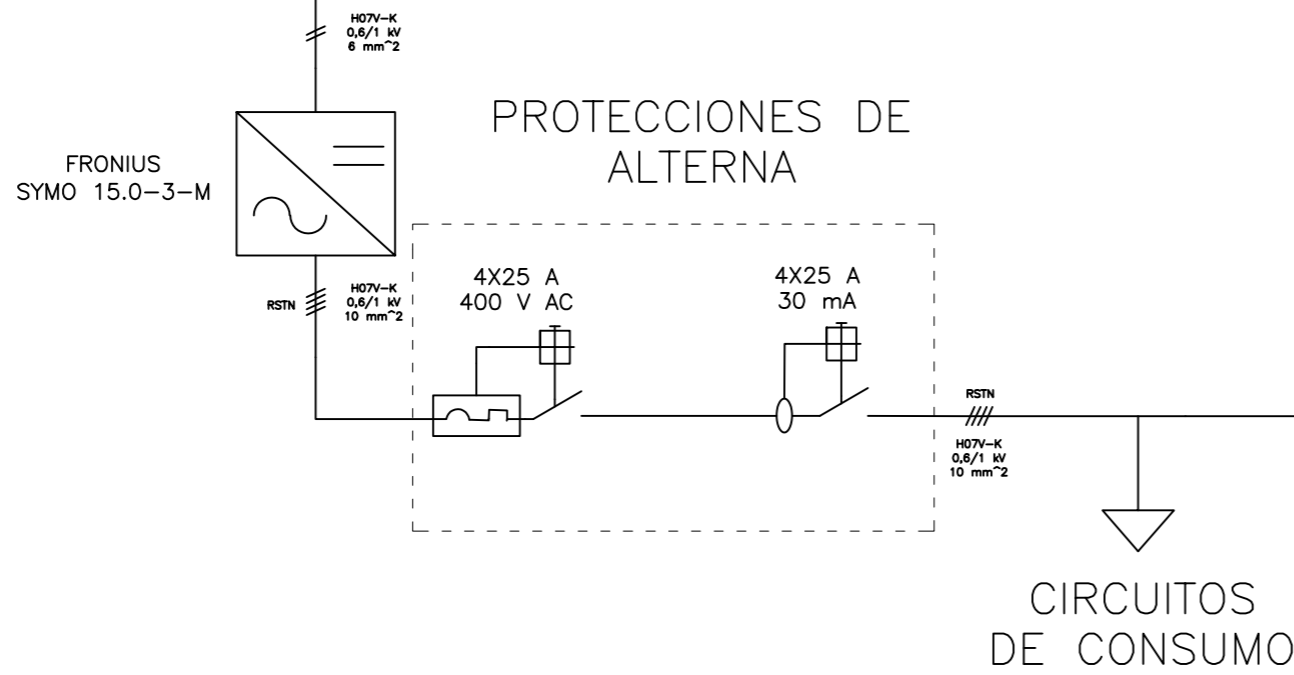
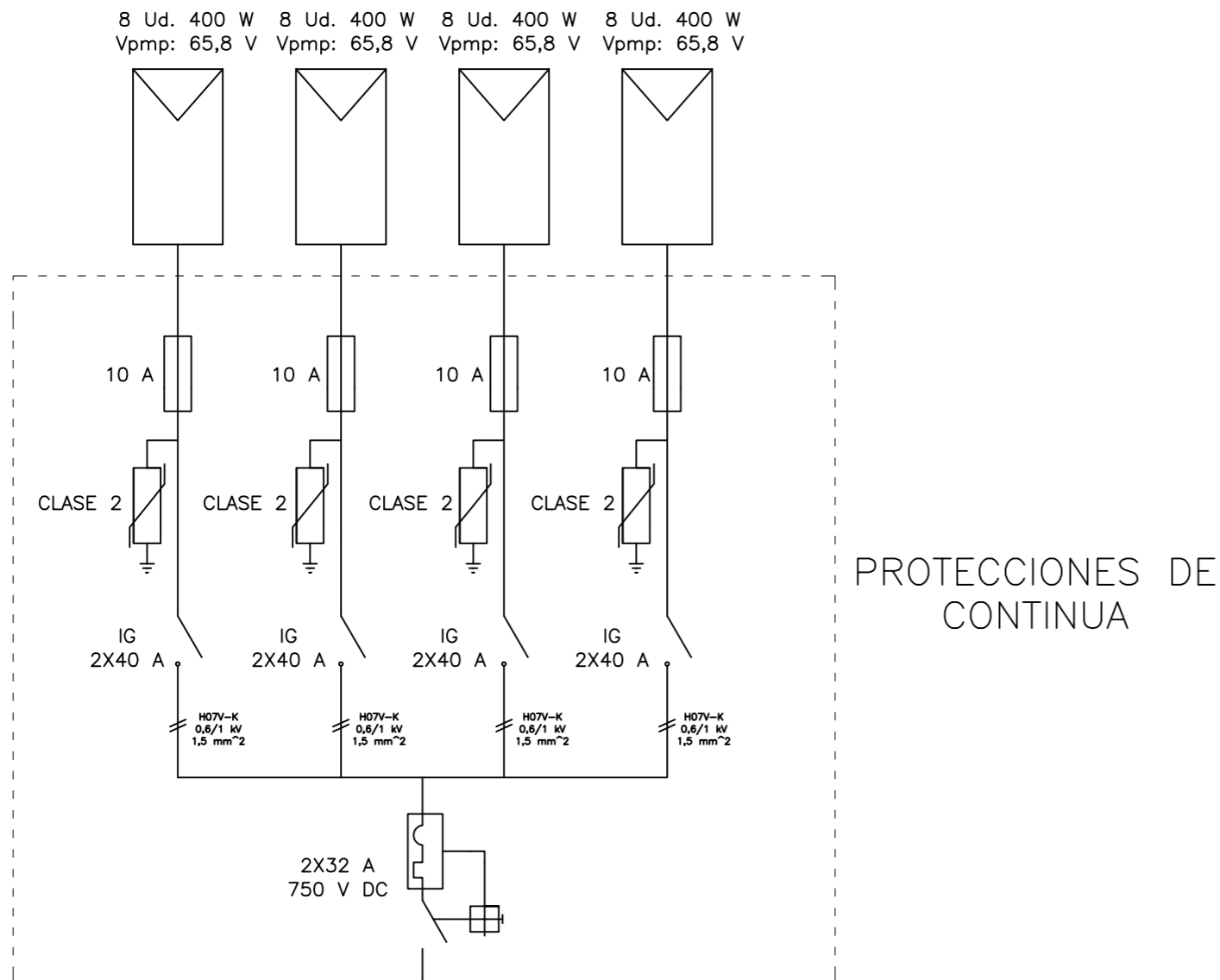
Nombre		 AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado		
Proyectista	Alessandro de Obesso	
Promotores	Gobierno de Navarra	


Escala 1:100	Plano P4	052021.7
-----------------	----------	----------



	Nombre		AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado		<i>Al</i>	
Proyectista	Alessandro de Obesso		
Promotores	Gobierno de Navarra		

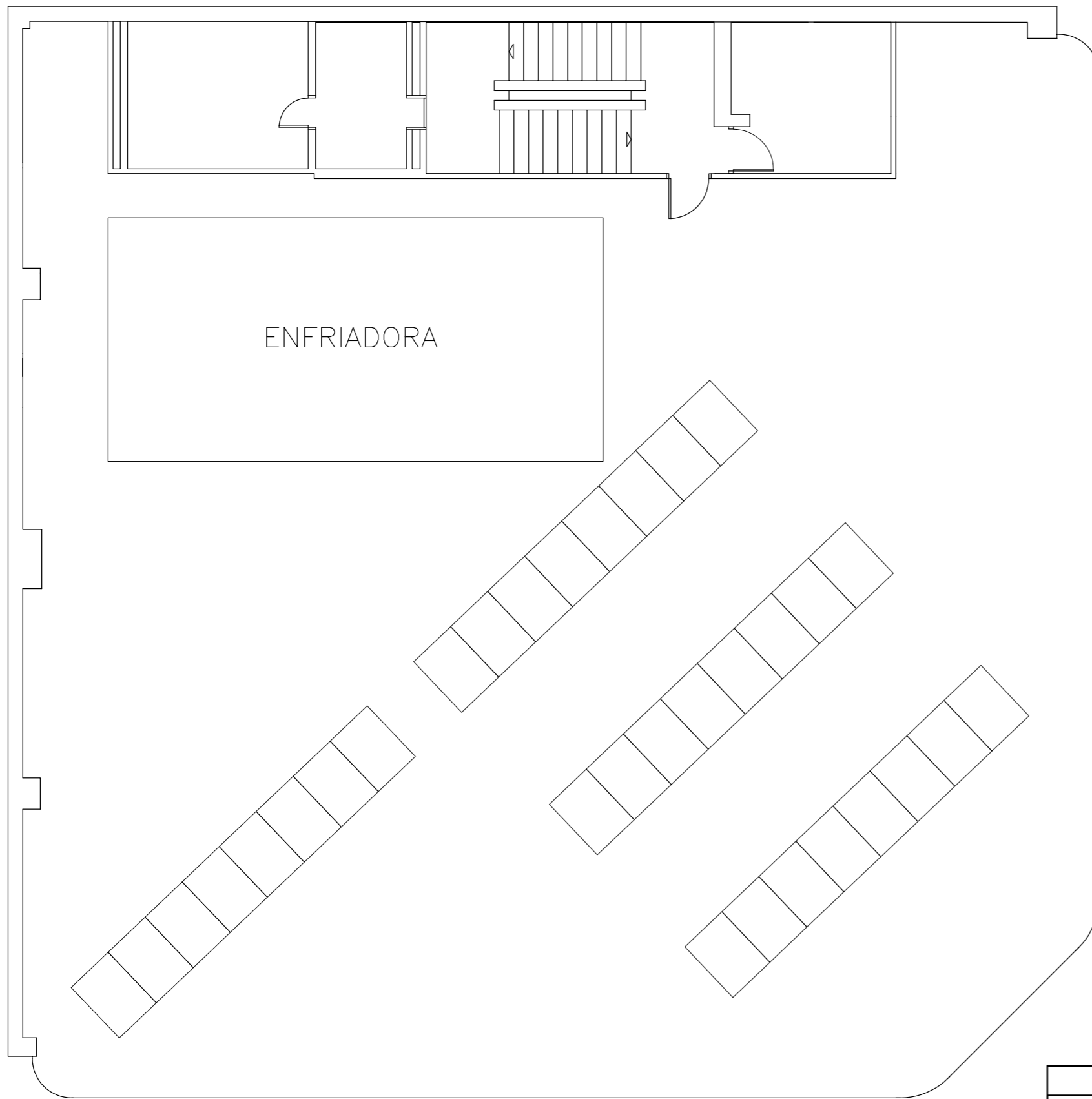
Escala 1:100	Plano P5	052021.8
-----------------	----------	----------



Nombre			AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado	Alessandro de Obesso		
Proyectista	Alessandro de Obesso		
Promotores	Gobierno de Navarra		

Esquema unifilar:  
Instalación fotovoltaica

052021.9



	Nombre		AUDITORÍA DE UN EDIFICIO DE USO ADMINISTRATIVO EN PAMPLONA v. 05/2021
Dibujado	Alessandro de Obesso		
Proyectista	Alessandro de Obesso		
Promotores	Gobierno de Navarra		
Escala 1:100	Distribución paneles		052021.10