



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA PARA COLEGIO DE PRIMARIA.

TRABAJO FINAL DEL

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

REALIZADO POR

Abel Cueto Toledo

TUTORIZADO POR

Juan Ángel Saiz Jiménez

CURSO ACADÉMICO: 2019/2020

*“A mi madre y mi padre,
los dos soles que llevo dentro y me guían en cada decisión”*

“A mi novia, el pilar incondicional de mi edificio”

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer por este trabajo a mi familia, la que me ha criado y hecho quien soy, también a mis amigos de siempre, que son la otra familia, la que uno elige.

A todos los compañeros de clase, que empezaron como desconocidos y actualmente son parte de mi vida.

A todos los profesores que han formado parte de mi formación, y a mi tutor de este trabajo, Juan Ángel Saiz, muchísimas gracias por tus enseñanzas y tutelaje a lo largo del trabajo.

ÍNDICE GENERAL

MEMORIA DESCRIPTIVA

1. OBJETO.....	7
2. JUSTIFICACIONES	8
2.1 Justificación académica	8
2.2 Justificación técnico-económica	8
2.3 Justificación legal.....	9
3. DESCRIPCIONES	10
3.1 Descripción del emplazamiento	10
3.1.2 Descripción del clima	12
3.1.3 Descripción de la radiación solar	14
3.2 Descripción de los elementos de consumo.....	17
3.3 Descripción detallada de necesidades energéticas	23
3.3.1 Potencia máxima de la instalación	23
3.3.2 Análisis del consumo mes a mes de la instalación	24
3.3.3 Selección de la tensión de la instalación y cálculo CMD	35
3.4 Descripción de los elementos de la instalación	38
3.4.1 Paneles solares	38
3.4.2 Reguladores	41
3.4.3 Baterías	44
3.4.4 Inversores	48
3.4.5 Soportes.....	51
3.4.7 Distribución de las placas solares	52
3.4.8 Cableado y protecciones	55

ESTUDIO ECONÓMICO

1. PRESUPUESTO.....	64
1.1 Precio material fotovoltaico.....	64
1.2 Precio cableado	65
1.3 Precio mano de obra y beneficio	66
1.4 Resumen del presupuesto.....	66
2. RENTABILIDAD	67

2.1	Coste Watio pico	67
2.2	Estudio 25 años	67
2.3	Estudio 40 años	69

PLIEGO DE CONDICIONES

1.	CONDICIONES GENERALES	72
1.1	Generadores fotovoltaicos.....	72
1.2	Estructura de soporte.....	73
1.3	Acumuladores de plomo-ácido	74
1.4	Reguladores de carga	74
1.5	Inversores.....	75
1.6	Cableado, protecciones y puesta a tierra	75

PLANOS

1.1	Plano de situación del colegio.....	77
1.2	Plano de emplazamiento del colegio	78
1.3	Distribución placas solares.....	79
1.4	Esquema unifilar.....	80
1.5	Planta habitación de materiales fotovoltaicos	81
1.6	Conexión entre placas y toma de tierra.....	82
1.7	Distancia entre placas e inclinación	83
1.8	Distribución de 24 vasos de baterías conectados en serie	84

Anexo I Fichas técnicas

DOCUMENTO 1: Memoria descriptiva

1. OBJETO

El presente proyecto tiene como objetivo el diseño y acondicionamiento de una instalación fotovoltaica aislada de la red para el colegio público de enseñanza primaria Jaume I con emplazamiento en el municipio de Paiporta, en la comarca de la Huerta Sur de Valencia.

El colegio cuenta con una instalación actual conectada a la red eléctrica, y pasará a tener una instalación autosuficiente aislada de la red, con un alto grado de fiabilidad del suministro y calidad del mismo, cosa que se consigue diseñando el sistema para garantizar el abastecimiento total de la instalación durante el mes más desfavorable, con lo que los meses restantes quedan con excedentes de energía.

Se seleccionará un grado de autonomía para la instalación de 5 días, basándose en los criterios del clima en la región, de manera que en casos de varios días consecutivos con clima adverso y radiación solar insuficiente, el suministro de la energía del colegio quede garantizado.

El colegio cuenta con una potencia total instalada de elementos de consumo de 34kW, y tiene un consumo anual de energía de 33945,144 kWh, estos valores se han calculado realizando un estudio mes a mes de las necesidades energéticas del colegio.

El diseño de la instalación se realizará buscando siempre la opción más adecuada para el caso particular del colegio basándose en el criterio propio, teniendo en cuenta los precios actuales del mercado y aplicando los conocimientos adquiridos durante los 4 años del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática.

La instalación seguirá todas las normas y recomendaciones en instalaciones eléctricas de baja tensión y esta quedará protegida de forma adecuada asegurando la seguridad tanto de las personas como de los equipos utilizados.

2. JUSTIFICACIONES

2.1 Justificación académica

La realización de este trabajo final de grado tiene como objetivo la finalización del Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática en la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño.

La introducción al campo de la energía fotovoltaica viene incluido en este grado al elegir la mención de Eléctrica, y después de cursar la asignatura impartida por el profesor y tutor de este trabajo, D. Juan Ángel Saiz Jiménez, decidí volcar todo el conocimiento adquirido en este proyecto.

El mismo consiste del estudio de las necesidades de consumo de un colegio de primaria situado en el municipio de Paiporta (Valencia) y garantizar su autonomía mediante una instalación fotovoltaica.

2.2 Justificación técnico-económica

Todos los equipos utilizados en este proyecto han sido escogidos teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en el sector fotovoltaico, y comparando en la web y mediante el contacto con los fabricantes, el precio de mercado de dichos equipos, aportando siempre más de una alternativa puesto que el mercado consta de muchas variantes y fabricantes con las mismas características, y eligiendo la opción más conveniente con los criterios propios.

Para todos los estudios se han tenido en cuenta las necesidades reales del emplazamiento del proyecto así como sus características, para que conste con la máxima veracidad posible en caso de ser puesto en práctica.

Cabe destacar también que los precios del mercado han sido estudiados para el momento de la realización del proyecto, el mercado de la fotovoltaica es cambiante y está en constante desarrollo. No se descarta la posibilidad de utilizar equipos diferentes, siempre y cuando cumplan los requisitos necesarios del estudio, si el proyecto se fuera a realizar en un futuro.

2.3 Justificación legal

Este proyecto cumple con la normativa del reglamento electrotécnico de Baja Tensión, el pliego de condiciones del IDAE sobre instalaciones aisladas de la red, y las normas UNE para instalaciones eléctricas de baja tensión e instalaciones fotovoltaicas.

-Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (B.O.E. de 18-9-2002).

-Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.

-Real Decreto Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.

-Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico

3. DESCRIPCIONES

3.1 Descripción del emplazamiento

La localización del colegio es en el municipio de Paiporta (Valencia) situado a las afueras de la ciudad, perteneciente a la comarca de la Huerta Sur. El colegio está situado en un entorno rural, rodeado de campos de cultivo y en el exterior del municipio.

Las coordenadas geográficas del colegio son:

39°25'09.8" Norte

0°24'55.1" Oeste

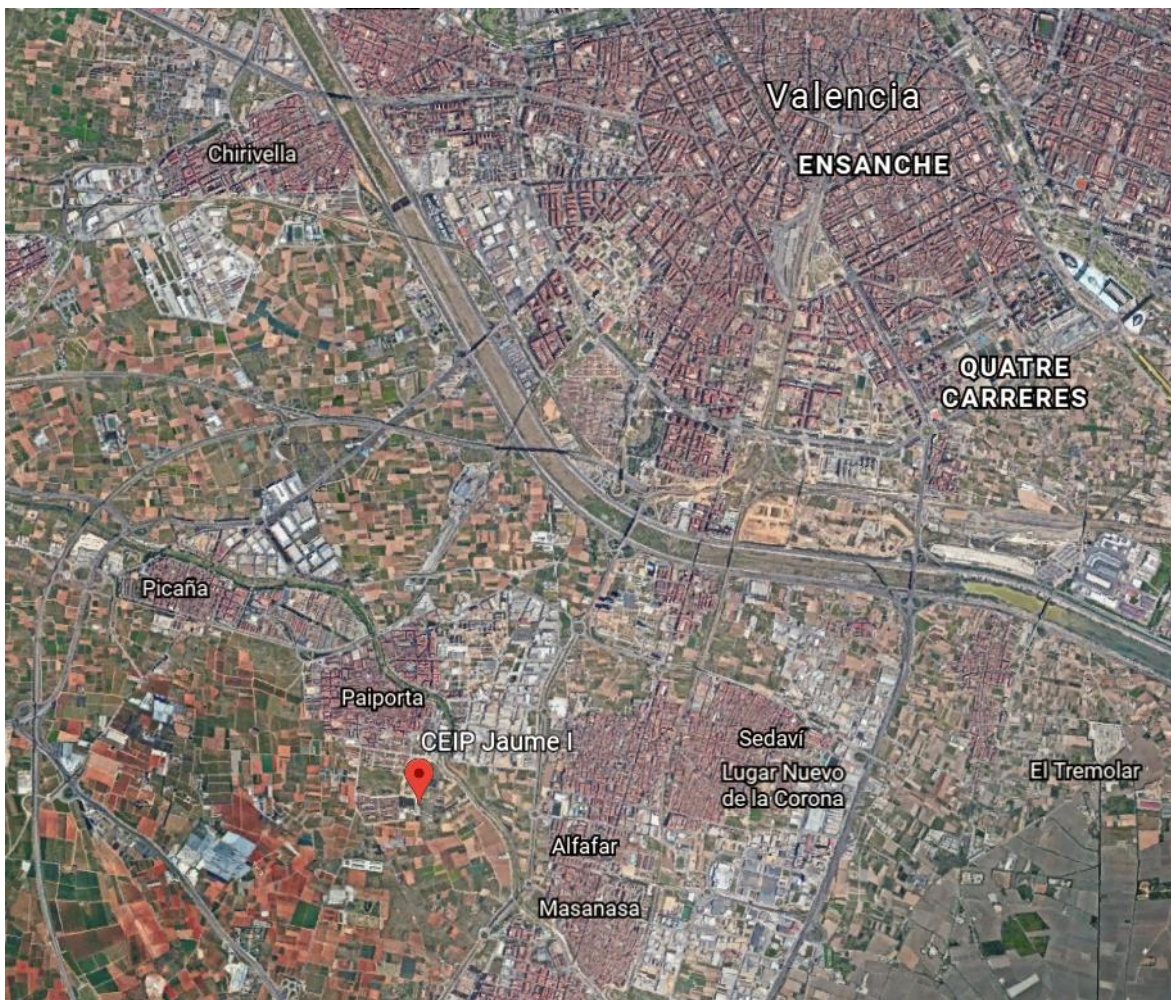


Figura 1. Localización del colegio con vista satelital (Extraída de Google Maps)

Puesto que junto al colegio hay un terreno vacío que pertenece al mismo, la instalación puede situarse ahí en vez de en la cubierta del edificio, ya que esta no cuenta con un fácil acceso, lo que dificultaría la instalación de las placas.

Se ha delimitado con una línea blanca el terreno donde estaría situada la instalación. El terreno cuenta con una extensión aproximada de unos 3500 m², por lo que es muy poco probable que se ocupara el terreno en su totalidad, pero estaría disponible en caso de necesitarse.

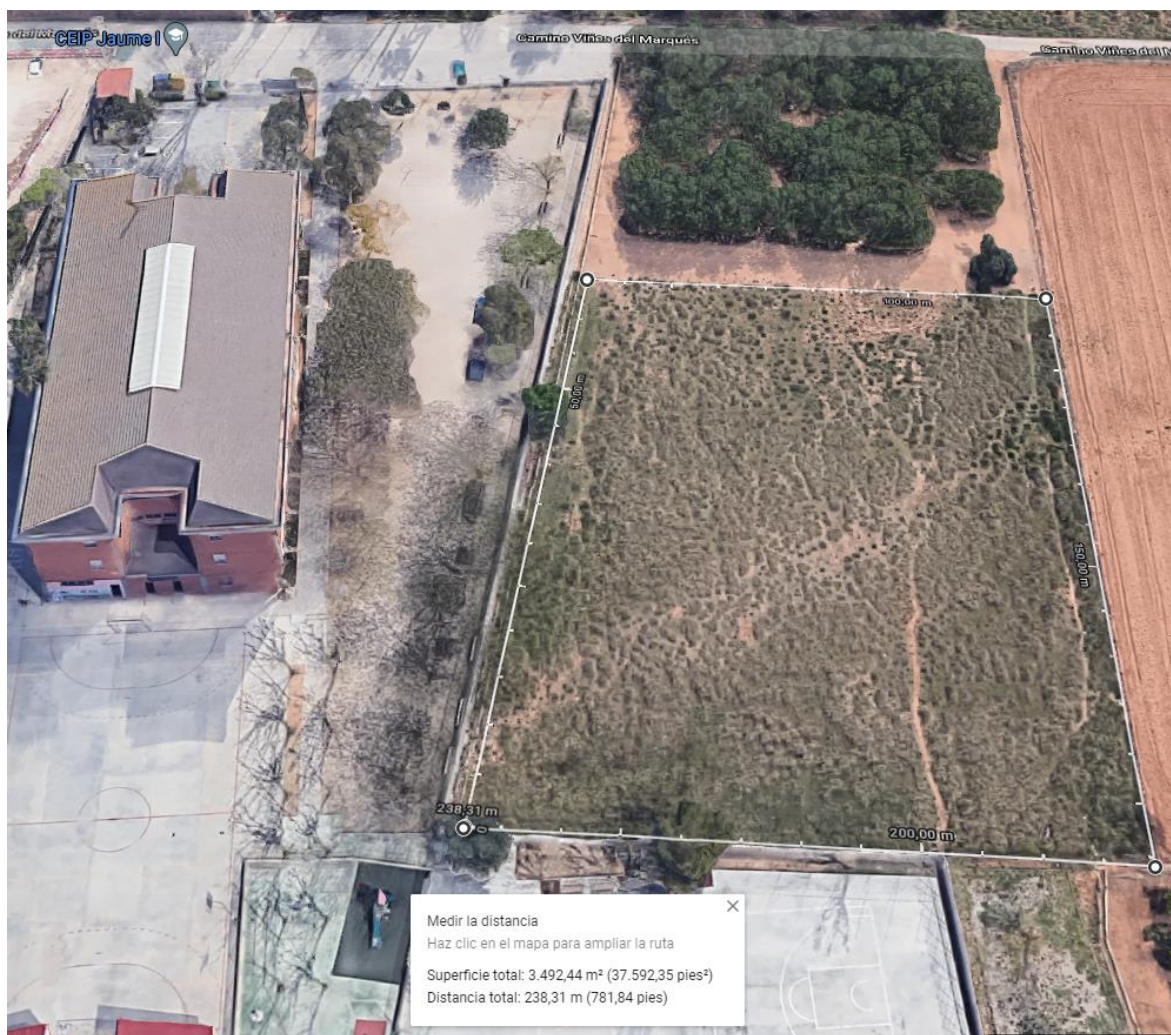


Figura 2. Vista aérea del colegio con distancia de la parcela extraída de Google Maps

Como indica la figura, la parcela es rectangular, con unas dimensiones de aproximadamente 70 metros por 50 metros.

3.1.2 Descripción del clima

El municipio de Paiporta pertenece a la comarca de la Huerta Sur, en la Comunidad Valenciana. La cual como sabemos, cuenta con un clima mediterráneo. Sin temperaturas extremas ni largos periodos de nubosidad.

La temperatura máxima diaria promedio durante el verano en Paiporta suele ser ligeramente mayor a los 27 °C y durante el invierno esta ronda los 19 °C. Con estos datos afirmamos que la temperatura ambiente no será un problema para la instalación fotovoltaica, el rendimiento de los módulos fotovoltaicos no se verá afectado por la temperatura ambiente.

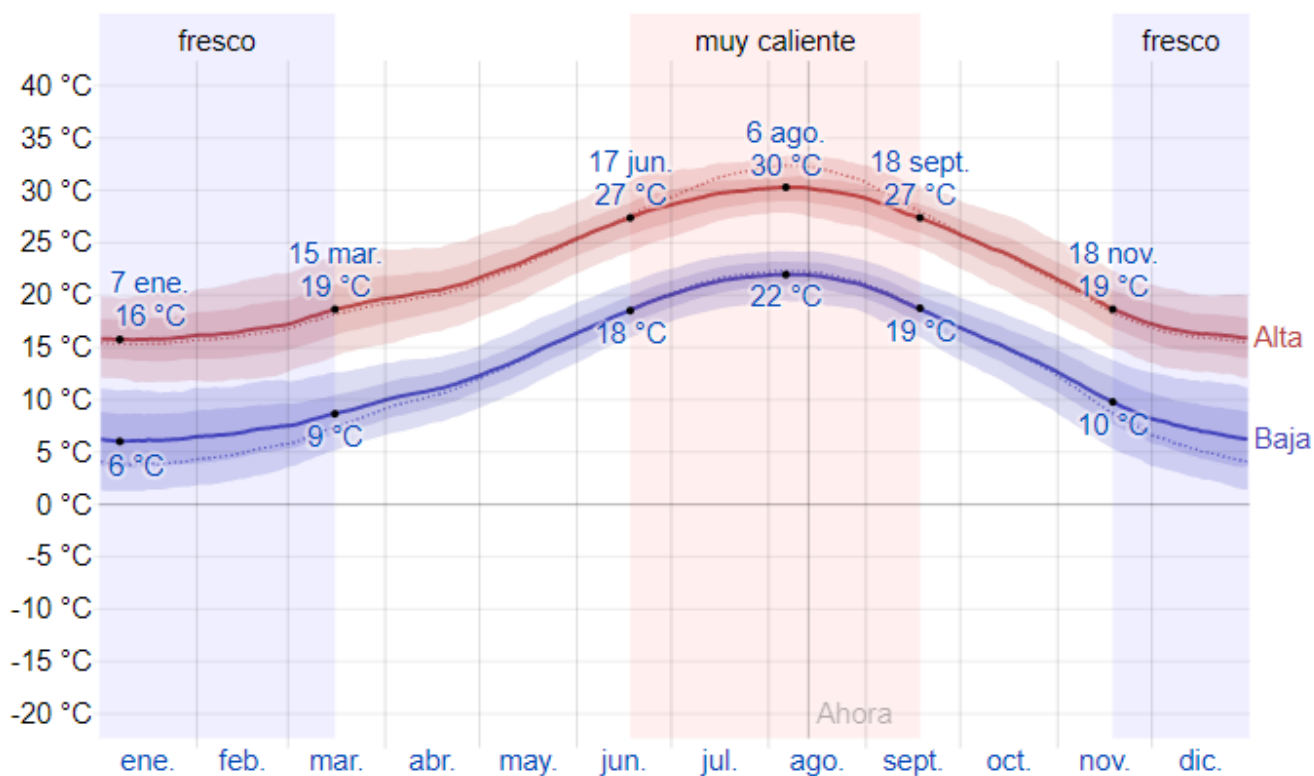


Figura 3. Gráfica de temperatura máxima y mínima promedio extraída de la web Weather Spark

En cuanto a las precipitaciones y las nubes, la temporada con mayor porcentaje del cielo cubierto en Paiporta empieza en Septiembre y acaba en Junio, siendo también variable en dependencia del año. Por lo general, el cielo está nublado o mayormente nublado un 40% del tiempo, mientras que despejado o mayormente despejado un 60%. El nivel de precipitación de la temporada más lluviosa está sobre una acumulación promedio de 43 milímetros.

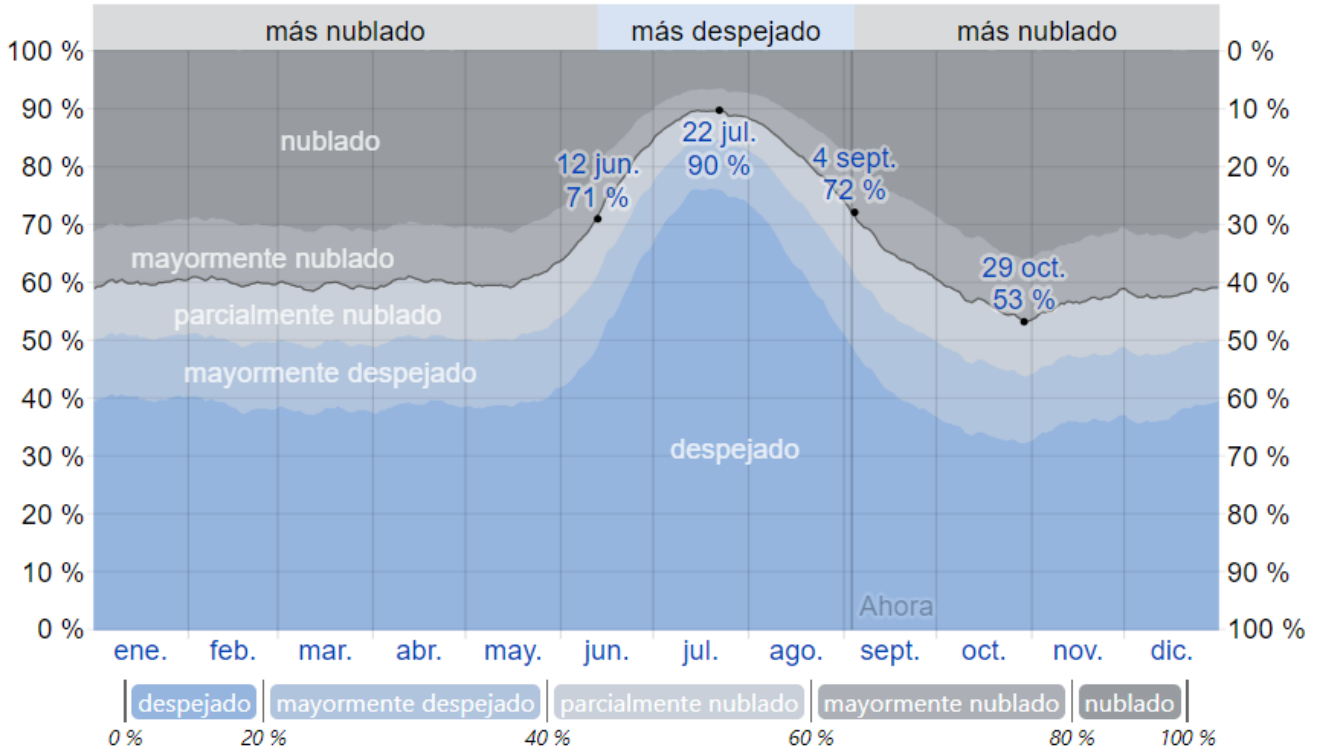


Figura 4. Gráfica de la nubosidad mensual extraída de la web Weather Spark

3.1.3 Descripción de la radiación solar

Una de las partes más importante de toda instalación fotovoltaica, es el estudio de la radiación solar en la zona deseada. No sería viable una instalación en un lugar con pocas horas de sol diarias, poca radiación o un clima muy nuboso. Por suerte, en la Comunidad Valenciana en general, contamos con bastante radiación solar, pocos días nubosos y una temperatura bastante suave.

Para realizar un estudio riguroso sobre la irradiación en el municipio de Paiporta, se ha usado la herramienta web PVGIS, un software con una extensa base de datos en la cual se puede elegir un lugar en concreto, y contar con toda la información sobre irradiación en la zona. Siendo posible modificar valores como el ángulo de inclinación de las placas y el año de los datos recogidos entre otros.

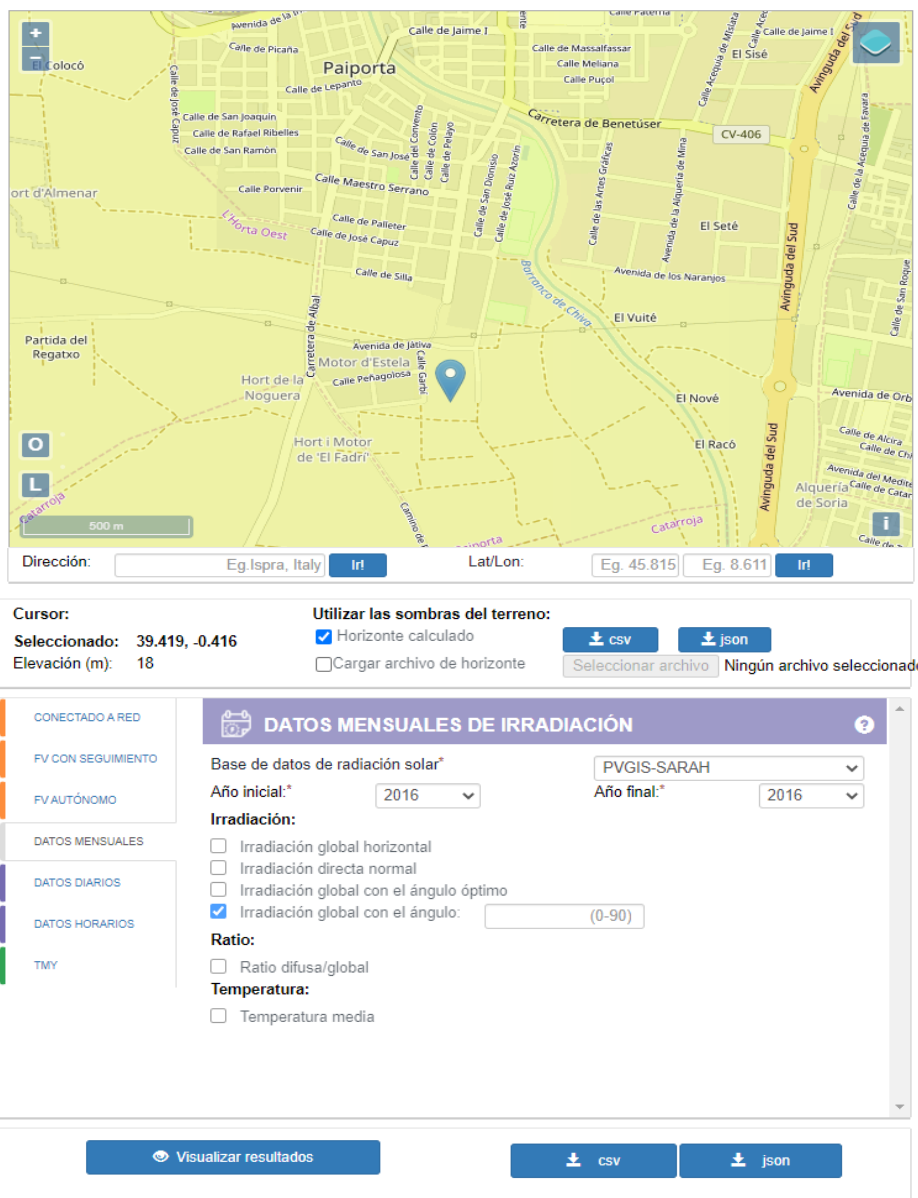


Figura 5. Interfaz de la web PVGIS, datos mensuales de irradiación solar

Una vez seleccionada la zona, se procede a calcular los valores mensuales para el año 2016, ya que es uno de los años con la irradiación más desfavorable de los que dispone la base de datos, y se busca hacer un estudio que pueda cumplir con las necesidades energéticas contando con la posibilidad de que se repita un año con irradiación desfavorable. La metodología a seguir será de realizar un estudio para las posibilidades de diferentes inclinaciones, eligiendo finalmente la más adecuada para la instalación. De todas formas, la zona del estudio no presenta grandes cambios en cuanto a la irradiación anual, como el estudio del clima hecho previamente indica. Se seleccionan los valores de inclinación más comunes, 15°, 30°, 45° y 60° y se obtienen los datos de radiación mensual para los diferentes valores de inclinación.

Mes	15°	30°	45°	60°
Enero	96,39	117,96	132,63	139,28
Febrero	112,96	129,53	138,9	140,3
Marzo	163,23	176,15	179,51	172,84
Abril	170,13	171,89	165,2	150,19
Mayo	202,77	195,5	179,35	154,81
Junio	235,49	223,16	200,47	168,17
Julio	236,31	226,01	204,99	173,82
Agosto	232,25	231,45	218,53	193,66
Septiembre	182,71	192,67	192,14	180,86
Octubre	133,65	149,05	156,38	154,96
Noviembre	95,15	112,58	123,71	127,67
Diciembre	95,01	118,08	134,3	142,48
Total anual	1956,05	2044,03	2026,11	1899,04

Figura 6. Tabla con valores de irradiación en kWh/m² para diferentes inclinaciones

Según la tabla, la inclinación con un mayor valor de irradiación total anual es la de 30°, sin embargo debemos estudiar los consumos de cada mes para elegir con seguridad la inclinación que nos garantice una mejor eficiencia, ya que aunque los valores de irradiación sean más altos en total con una inclinación de 30° se anticipa que el consumo más elevado y la radiación más desfavorable estará en los meses de invierno, por lo que sería adecuado elegir una inclinación que nos permita mayor irradiación en los meses de invierno, por ejemplo la de 60°.

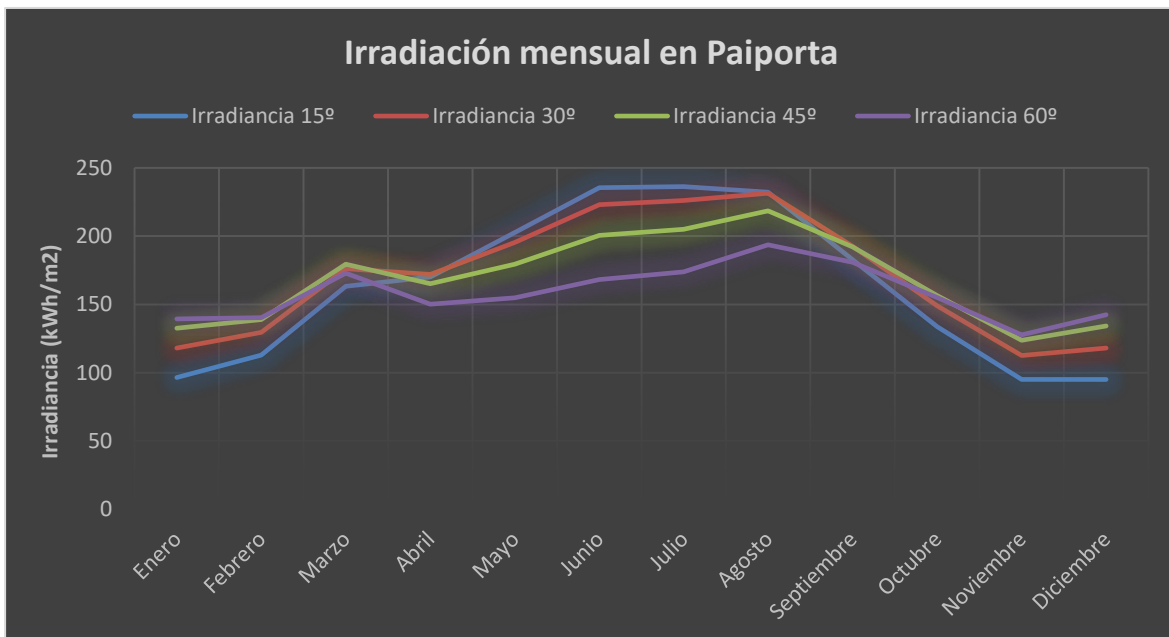


Figura 7. Gráfico de la irradiación mensual

Aquí se observa cómo la curva con un mayor valor total es la de la inclinación de 15° alcanzado en los meses de verano, sin embargo, conviene estudiar las necesidades energéticas del consumo en los diferentes meses del año para poder elegir una opción con mayor seguridad.

3.2 Descripción de los elementos de consumo

Tubos fluorescentes

La iluminaria está compuesta en su totalidad por tubos fluorescentes (8 por clase), no es lo óptimo en cuanto a consumo, pero es un colegio con cierto grado de antigüedad, el edificio supera los 40 años, y aunque se han realizado varias reformas menores a lo largo de los años, las instalaciones no son demasiado novedosas, como es el caso de la iluminaria. Además de los 8 tubos en cada clase, los baños del colegio tienen 6 en el caso de los baños para alumnos y 3 en los baños de profesores. La sala de profesores tiene también 6 tubos, el gimnasio dispone de 10 y el comedor de 20. Los tubos tienen una potencia de 36 W cada uno.

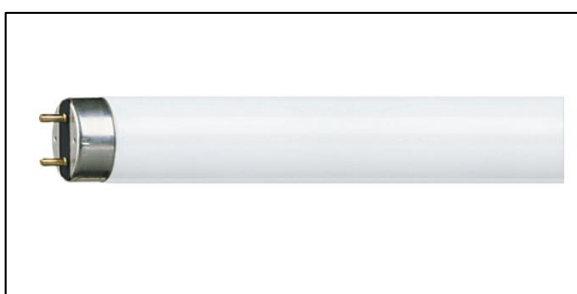


Figura 8. Tubo fluorescente Phillips de 36 W

Ordenadores

En el centro existen 2 aulas informáticas, cada una dispone de 21 ordenadores, 20 para el alumnado y 1 para el profesor correspondiente. Además, la sala de profesores y los despachos cuentan con ordenadores para el uso del equipo docente, 8 en total. Los ordenadores son relativamente modernos, pues se renovaron hace poco. La potencia de los ordenadores varía, según si están en uso o en “stand-by”, pero la potencia media del ordenador encendido en su totalidad es de 220 W.



Figura 9. Torre de ordenador de la marca NTW

Proyectores

Una de las renovaciones más importantes del centro escolar en los últimos años fue la incorporación de proyectores multimedia a las clases, cada clase regular cuenta con su propio proyector, a excepción de las aulas de usos especiales. Los proyectores permiten al equipo docente un método de enseñanza más interactivo, que además de las pizarras clásicas, hacen que los alumnos cuenten con una amplia gama de recursos a su disposición. Los proyectores tienen una potencia de 400 W durante una proyección normal.



Figura 10. Proyector multimedia de la marca SONY modelo VPL-DX221

Máquina refrescos

En la sala de profesores existe una máquina expendedora de refrescos, está conectada a la red todo el día, sin embargo su funcionamiento está sujeto a un termostato interno, aumentando su consumo en los meses de verano que hace más calor, y reduciéndolo en los meses de invierno. La máquina tiene una potencia de 800 W.



Figura 11. Máquina expendedora de refrescos de la marca Vendo SANDEN

Máquina café

En la sala del profesorado existe también una máquina de café para el uso exclusivo del equipo docente. La máquina tiene una potencia de 900 W y su uso aumenta en los meses de exámenes, puesto que los profesores pasan más tiempo en sus despachos.



Figura 12. Máquina de café de la marca Solac

Material de oficina

Como en todo espacio en el cual se realizan tareas docentes, en la sala de profesores del centro existen también aparatos de oficina típicos, como una fotocopidora con una potencia de 900 W, una trituradora de papel de 220 W y tres impresoras de 150 W cada una. Como es lógico, su uso también aumentará en los meses de final de trimestre, durante las pruebas y exámenes a los alumnos.



Figura 13. Fotocopidora CANON



Figura 14. Trituradora de oficina



Figura 15. Impresora láser Ricoh SP

Neveras

En la cocina del comedor hay 3 neveras iguales, las cuales también disponen de congelador, y están conectadas todo el tiempo que el centro está abierto, siempre se procura planificar el menú de la semana para poder desconectarlas durante el fin de semana y ahorrar en cuanto a consumo. Los meses de Junio y Septiembre el colegio no dispone de servicio de comedor, entonces las neveras tampoco están funcionando. Las neveras son uno de los elementos más antiguos del colegio, junto a la caldera de gas. Cada nevera tiene una potencia de 300 W.



Figura 16. Nevera de gas con congelador.

Hornos y cocina

Todos los fogones de la cocina son de gas, así como 2 de los 3 hornos con los que cuenta el colegio, sólo uno de ellos es eléctrico con una potencia de 1200 W. Encima de los fogones existe una campana extractora de humos de 400 W. de potencia Puesto que el centro escolar cuenta también con un sistema de calefacción de gas, necesitan un gran abastecimiento de gas para el colegio. No se han tenido en cuenta también los pequeños consumos de encendido de los fogones y el horno puesto que son despreciables para el estudio del consumo.



Figura 17. Horno eléctrico de la marca Küken



Figura 18. Horno de gas de la marca Beko



Figura 19. Campana extractora de humos

Calefacción

El sistema de calefacción del colegio está constituido por una caldera de gas, la cual calienta agua que es distribuida a radiadores repartidos por todas las aulas. Tanto la sala de profesores, como el gimnasio y el comedor también cuentan con los mismos radiadores. El centro en su totalidad se calienta a base de gas y agua caliente. No obstante, aunque las calderas de gas se alimenten de lo que su propio nombre indica, al ser un aparato de grandes dimensiones y potencia, existe también un consumo eléctrico por parte del mismo, muy pequeño en comparación a la potencia calorífica que genera de 75 kW térmicos, pero el sistema de bombeo y arranque de la caldera presenta un gasto energético de electricidad, tras investigar el modelo de la caldera, la potencia eléctrica que se debe tener en cuenta en cuanto a estudio del consumo es de 100 W. El modelo de la caldera es GB312 de la marca Bosch Termotecnia, aunque cuando se compró la caldera para el centro la marca se llamaba Burderus, y aunque actualmente esté descatalogado, hay más información sobre el nuevo modelo con prestaciones similares en el Anexo I “Fichas técnicas”.



Figura 20. Caldera de gas, antiguo y nuevo modelo

3.3 Descripción detallada de necesidades energéticas

3.3.1 Potencia máxima de la instalación

Este apartado está enfocado al estudio de la potencia de todos los elementos de consumo descritos en el apartado anterior, contando con todas las unidades de cada tipo de aparato y la potencia total de los mismos, sumados todos para obtener la potencia total del colegio Jaume I de Paiporta.

El colegio cuenta con un total de 30 aulas, pues alberga 3 grupos de unos 20 alumnos por curso, además de las aulas específicas con usos especiales, como las aulas informáticas, de educación especial o simplemente de uso alternativo.

El centro también dispone de un comedor, un gimnasio, una sala de profesores y sus correspondientes despachos para la dirección.

Además, el centro cuenta con 10 baños, 8 para los alumnos y 2 más pequeños para los profesores.

Elemento	Unidades	Potencia elemento (W)	Potencia total (kW)
Tubo fluorescente	252	36	9,072
Ordenador	50	220	11
Proyector	20	400	8
Máquina refrescos	1	800	0,8
Cafetera	1	900	0,9
Calefacción de gas	1	100	0,1
Impresora	3	150	0,45
Fotocopiadora	1	900	0,9
Trituradora	1	220	0,22
Horno eléctrico	1	1200	1,2
Nevera	3	350	1,05
Extractor	1	400	0,4
		Potencia total del colegio	34,092

Figura 21. Tabla de potencias de los elementos de consumo del colegio

Como se observa en la tabla, la potencia total del colegio con todos los equipos funcionando a la vez es de 34.092 W, aunque sabiendo que es muy improbable que todos los equipos estén encendidos al mismo tiempo, la instalación busca satisfacer todas las posibles necesidades del centro, así que se procederá a realizar el cálculo para la instalación con potencia de los receptores de **34 kW**.

3.3.2 Análisis del consumo mes a mes de la instalación

Para garantizar un cálculo fiable de la instalación, es necesario estudiar el consumo del centro escolar cada mes, aportando las horas de uso de los elementos citados en apartados anteriores. Esto nos permitirá saber la energía que consume el centro a lo largo de un mes, y junto al estudio de la irradiación solar realizado, se procederá a calcular el coeficiente con la condición más desfavorable (cmd), si realizamos los cálculos de la instalación para el mes con el peor coeficiente, podemos garantizar el funcionamiento de la misma para el resto de meses del año.

El coeficiente más desfavorable como norma general es el que junta meses con menor radiación y mayor consumo, como suele ser común en esta región en los meses de invierno. Cabe destacar que el consumo del centro se ve mucho más afectado por los días lectivos del mes y no tanto por los aparatos, puesto que lo que podría aumentar el consumo en los meses de invierno es la calefacción, sin embargo al ser una instalación de gas, afecta muy poco al consumo eléctrico del colegio.

Hay que tener en cuenta también el horario del centro, siendo este de lunes a viernes de 9:00 a 17:00 durante los meses de Octubre a Mayo, en Septiembre y en Junio el centro abrirá solo hasta la 13:00, quitando del cálculo los gastos en cuanto a la cocina del comedor.

Calendario Escolar Centro CEIP JAUME I Año Académico: 2018-2019																																														
Septiembre					Octubre					Noviembre					Diciembre					Enero					Febrero																					
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D					
				1	2		1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4										1	2			1	2	3	4	5	6						1	2	3
3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11	3	4	5	6	7	8	9	7	8	9	10	11	12	13	4	5	6	7	8	9	10					
10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18	10	11	12	13	14	15	16	14	15	16	17	18	19	20	11	12	13	14	15	16	17					
17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25	17	18	19	20	21	22	23	21	22	23	24	25	26	27	18	19	20	21	22	23	24					
24	25	26	27	28	29	30	29	30	31					26	27	28	29	30			24	25	26	27	28	29	30	28	29	30	31				25	26	27	28								
Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto																										
L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D					
			1	2	3		1	2	3	4	5	6	7			1	2	3	4	5									1	2			1	2	3	4	5	6	7				1	2	3	4
4	5	6	7	8	9	10	8	9	10	11	12	13	14	6	7	8	9	10	11	12	3	4	5	6	7	8	9	8	9	10	11	12	13	14	5	6	7	8	9	10	11					
11	12	13	14	15	16	17	15	16	17	18	19	20	21	13	14	15	16	17	18	19	10	11	12	13	14	15	16	15	16	17	18	19	20	21	12	13	14	15	16	17	18					
18	19	20	21	22	23	24	22	23	24	25	26	27	28	20	21	22	23	24	25	26	17	18	19	20	21	22	23	22	23	24	25	26	27	28	19	20	21	22	23	24	25					
25	26	27	28	29	30	31	29	30						27	28	29	30	31			24	25	26	27	28	29	30	29	30	31					26	27	28	29	30	31						

Figura 22. Calendario escolar del curso 2018/19. Los días no lectivos están marcados en rojo

El cálculo de los consumos mensuales se hará siguiendo el calendario escolar y contando los días lectivos de cada mes. Los días festivos tanto locales como nacionales suelen variar en dependencia del año, pero los días lectivos se suelen mantener iguales aproximadamente en todos los años, con variaciones no significativas.

Enero				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	3	1,8
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	8	0,8
Impresora	3	0,45	2	0,9
Fotocopiadora	1	0,9	2	1,8
Trituradora	1	0,22	2	0,44
Horno eléctrico	1	1,2	2	2,4
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	0,8
			Consumo total diario	212,116
			Días lectivos	19
			Consumo total mensual (kWh/mes)	4030,204

Figura 23. Consumo durante el mes de Enero

El mes de Enero presenta un consumo total mensual muy elevado, con 4030,202 kWh mensuales está entre los meses de mayor consumo, puesto que elementos como la calefacción necesita estar en funcionamiento todo el día. Sin embargo, como se ha comentado anteriormente, el consumo mensual se verá mucho más afectado por los días lectivos del mes que por los elementos de consumo, ya que la calefacción es una instalación de gas, y su consumo eléctrico no es muy significativo. A pesar de las vacaciones, el mes de enero cuenta con 19 días lectivos, por lo que su consumo será elevado. La máquina de refrescos no consumirá apenas en comparación a meses más calurosos ya que su termostato interno detectará una temperatura mucho más fría y no tendrá necesidad de encenderse tan frecuentemente.

Febrero				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	3	1,8
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	8	0,8
Impresora	3	0,45	2	0,9
Fotocopiadora	1	0,9	2	1,8
Trituradora	1	0,22	2	0,44
Horno eléctrico	1	1,2	2	2,4
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	0,8
			Consumo total diario	212,116
			Días lectivos	20
			Consumo total mensual (kWh/mes)	4242,32

Figura 24. Consumo durante el mes de Febrero

El mes de Febrero presenta un consumo diario idéntico al de Enero, ya que presenta exactamente las mismas características, bajas temperaturas, lo que resulta en la calefacción funcionando todo el día y la máquina de refrescos consumiendo poco. La única diferencia entre Enero y Febrero es que este último tiene un día lectivo más, por lo que el consumo mensual, como es lógico, será mayor. Puede parecer inusual que el mes con menos días del año tenga más días lectivos que cualquier otro, pero a pesar de contar con tan solo 28 días, Febrero es un mes que no tiene días festivos, y en el calendario escolar de un colegio de primaria un mes sin días festivos es inusual. Los únicos días del mes en los que el colegio no estará en funcionamiento serán los fines de semana.

Marzo				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	4	3,2
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	4	0,4
Impresora	3	0,45	2	0,9
Fotocopiadora	1	0,9	2	1,8
Trituradora	1	0,22	2	0,44
Horno eléctrico	1	1,2	2	2,4
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	0,8
			Consumo total diario	212,516
			Días lectivos	18
			Consumo total mensual (kWh/mes)	3825,288

Figura 25. Consumo durante el mes de Marzo

En el mes de Marzo con la entrada en la primavera podemos observar cómo el consumo mensual disminuye ligeramente. La calefacción ya no se necesita encendida todo el día, las horas del mediodía en los días soleados tienen una temperatura más templada. Sin embargo, este hecho se compensa con el funcionamiento de la máquina de refrescos, la cual aumenta ligeramente su consumo y equilibra el consumo diario. Sin embargo, el hecho con mayor peso en cuanto a la variación del consumo mensual son las vacaciones por la fiesta valenciana de las fallas. Marzo tendrá una cantidad de días lectivos más reducida que los meses anteriores.

<u>Abril</u>				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	24	19,2
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	2	0,2
Impresora	3	0,45	3	1,35
Fotocopiadora	1	0,9	3	2,7
Trituradora	1	0,22	3	0,66
Horno eléctrico	1	1,2	2	2,4
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	0,8
			Consumo total diario	214,686
			Días lectivos	13
			Consumo total mensual (kWh/mes)	2790,918

Figura 26. Consumo durante el mes de Abril

Como se puede observar en la tabla, Abril es el mes con menor cantidad de días lectivos del año, hecho que hace que sea el mes de clases regulares con un menor consumo en todo el año también, ya que Junio y Septiembre tienen clases a media jornada.

A pesar de que los días lectivos de Abril tengan un mayor consumo en cuanto a aparatos de oficina ya que es mes de fin de trimestre lo que significa mayor cantidad de hojas y fichas para los alumnos. Las vacaciones de Pascua hacen que el mes de Abril tenga un consumo de tan solo 2790,919 kWh.

Mayo				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	6	4,8
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	0	0
Impresora	3	0,45	2	0,9
Fotocopiadora	1	0,9	2	1,8
Trituradora	1	0,22	2	0,44
Horno eléctrico	1	1,2	2	2,4
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	0,8
			Consumo total diario	213,716
			Días lectivos	21
			Consumo total mensual (kWh/mes)	4480,036

Figura 27. Consumo durante el mes de Mayo

El mes de Mayo es, junto con el de Octubre, el que más días lectivos presenta en todo el año. Por lo tanto, también es junto a Octubre el mes de mayor consumo del año. Es uno de los meses más calurosos del año escolar, la calefacción pasa a ser totalmente innecesaria, y la máquina de refrescos debe estar funcionando más horas para mantener la temperatura de los refrigerios. El resto de los aparatos de consumo funcionará normalmente, estando el consumo relacionado definitivamente a los días lectivos.

Junio				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	4	36,288
Ordenador	50	11	2	22
Proyector	20	8	3	24
Máquina refrescos	1	0,8	24	19,2
Cafetera	1	0,9	1	0,9
Calefacción de gas	1	0,1	0	0
Impresora	3	0,45	2	0,9
Fotocopiadora	1	0,9	2	1,8
Trituradora	1	0,22	2	0,44
Horno eléctrico	1	1,2	0	0
Nevera	3	1,05	0	0
Extractor	1	0,4	0	0
			Consumo total diario	92,728
			Días lectivos	16
			Consumo total mensual (kWh/mes)	1483,648

Figura 28. Consumo durante el mes de Junio

Las particularidades a comentar del mes de Junio son, principalmente, que al contar con una jornada reducida de clases, los consumos disminuyen muy significativamente. Por ejemplo, durante los meses de Junio y Septiembre, no hay servicio de comedor. Todos los consumos relativos a la cocina no se tendrán en cuenta. La máquina de refrescos necesitará estar funcionando más horas al día que los demás meses, pues es un mes muy caluroso. Pero debido también al calor, la calefacción no será necesaria. Además, al ser mes de final de curso, el uso de los aparatos de oficina aumenta también. Los días lectivos de Junio son pocos, ya que el curso acaba el día 24.

Septiembre				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	4	36,288
Ordenador	50	11	2	22
Proyector	20	8	3	24
Máquina refrescos	1	0,8	8	6,4
Cafetera	1	0,9	1	0,9
Calefacción de gas	1	0,1	0	0
Impresora	3	0,45	1	0,45
Fotocopiadora	1	0,9	1	0,9
Trituradora	1	0,22	1	0,22
Horno eléctrico	1	1,2	0	0
Nevera	3	1,05	0	0
Extractor	1	0,4	0	0
			Consumo total diario	91,158
			Días lectivos	15
			Consumo total mensual (kWh/mes)	1367,37

Figura 29. Consumo durante el mes de Septiembre

El consumo mensual de Septiembre es, muy similar al de Junio debido a su media jornada de clases sin funcionamiento del comedor. Este mes presenta un consumo incluso menor ya que al empezar las clases a mitad de mes tiene un día lectivo menos que Junio. Además, las horas de funcionamiento de los aparatos de oficina no serán tan elevadas como las de Junio. La temperatura de este mes todavía es calurosa, teniendo temperaturas muy similares a la de los meses de verano, la máquina de refrescos funcionará como en Junio y la calefacción no será necesaria.

Quedando así expuesto el mes con el menor consumo de todo el año.

Octubre				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	6	4,8
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	2	0,2
Impresora	3	0,45	2	0,9
Fotocopiadora	1	0,9	2	1,8
Trituradora	1	0,22	2	0,44
Horno eléctrico	1	1,2	2	2,4
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	0,8
			Consumo total diario	138,916
			Días lectivos	21
			Consumo total mensual (kWh/mes)	4492,636

Figura 30. Consumo durante el mes de Octubre

El mes de Octubre es el que sin duda, presenta el consumo más elevado del año, siendo muy similar al de Mayo pero ligeramente superior. Las particularidades de este mes son que cuenta con 21 días lectivos, lo que de entrada ya sabemos que aumentará el consumo. Las primeras horas de la mañana son frías por lo que la calefacción estará en funcionamiento, pero según avanza el día hace más calor. La máquina de refrescos necesitará funcionar más horas que en los meses de invierno. El comedor ya está en funcionamiento por lo que todos los elementos de consumo de la cocina se tendrán en cuenta, resultando todo esto en que el consumo de Octubre alcance los 4492,636 kWh mensuales.

<i>Noviembre</i>				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	2	1,6
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	6	0,6
Impresora	3	0,45	2	0,9
Fotocopiadora	1	0,9	2	1,8
Trituradora	1	0,22	2	0,44
Horno eléctrico	1	1,2	2	2,4
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	0,8
			Consumo total diario	211,116
			Días lectivos	20
			Consumo total mensual (kWh/mes)	4222,32

Figura 31. Consumo durante el mes de Noviembre

Como es de esperar en los meses de invierno, el consumo es muy elevado en el mes de Noviembre, parecido al de octubre con la única diferencia de que hay un día lectivo menos. El mes de Noviembre presenta características similares al de octubre, el equilibrio entre aumento de consumo en la calefacción y la disminución por parte de la máquina de refrescos se mantiene, con la diferencia de que la máquina de refrescos tiene un consumo eléctrico mayor. Las horas de oficina para los profesores se mantiene como en el resto de meses normales, y el comedor funciona también de forma regular.

<i>Diciembre</i>				
Elemento	Unidades	Potencia total (kW)	Horas diarias	Energía diaria (kWh)
Tubo fluorescente	252	9,072	8	72,576
Ordenador	50	11	5	55
Proyector	20	8	6	48
Máquina refrescos	1	0,8	2	1,6
Cafetera	1	0,9	2	1,8
Calefacción de gas	1	0,1	8	0,8
Impresora	3	0,45	3	1,35
Fotocopiadora	1	0,9	3	2,7
Trituradora	1	0,22	3	0,66
Horno eléctrico	1	1,2	2	3,6
Nevera	3	1,05	24	25,2
Extractor	1	0,4	2	1,2
			Consumo total diario	214,486
			Días lectivos	14
			Consumo total mensual (kWh/mes)	3002,804

Figura 32. Consumo durante el mes de Diciembre

Por último, los aspectos más importantes a comentar sobre el mes de Diciembre son: Presenta todas las características de los meses de invierno, en cuanto a uso de la calefacción, y de la máquina de refrescos. El uso de los aparatos de oficina aumenta, es mes de final de trimestre y hay varias actividades especiales en el centro con motivos Navideños. El comedor aumenta su uso también, el menú semanal suele llevar mayor preparación al ser menú temático. Todos estos aspectos aumentan las horas de consumo diarias de los elementos a lo largo de este mes, sin embargo, el consumo total mensual no es elevado ya que por las vacaciones, el colegio solo tiene 14 días lectivos el mes de Diciembre.

El consumo total anual de energía de la instalación es la suma de todos los meses calculados, llegando al total de **33945,144 kWh**.

3.3.3 Selección de la tensión de la instalación y cálculo CMD

Las instalaciones fotovoltaicas tienen diferentes tensiones de trabajo, tienen una parte en corriente continua y una de corriente alterna. Es esta primera parte lo que caracteriza una instalación, su tensión de trabajo nominal en corriente continua. Que viene dada por la tensión de trabajo de los paneles fotovoltaicos y las baterías, dada su posibilidad de conectarse en serie para alcanzar mayores tensiones, las más comunes son de 12 V, 24 V y 48 V.

Normalmente, la selección de la tensión se hace en base a los Vatios totales de los elementos de consumo, para instalaciones pequeñas de menos de 1000 W se usan tensiones de 12 V. Para potencias entre 1000 W y 4000 W se utilizan tensiones de 24 V y para potencias mayores de 48 V.

Este aumento de la tensión al aumentar la potencia se utiliza para evitar pérdidas, al elevar la tensión la intensidad disminuye, por lo que se reducen las pérdidas energéticas. Habiendo estudiado la potencia demandada por los elementos de consumo de la instalación, es evidente que nuestra opción será la de una **instalación de 48 V**.

A continuación, pasaremos los consumos de kWh/mes a Ah/mes, para poder calcular el coeficiente más desfavorable. Para esto, usaremos la siguiente fórmula, con la tensión de 48 V de la instalación y el rendimiento típico del inversor usado para los cálculos del 90%:

$$\text{Consumo mes (Ah)} = \frac{\text{Consumo mes (kWh)} \times 1000}{\text{Tensión instalación (V)} \times \eta_{\text{inversor}}}$$

La tabla con los valores de consumo expresado en Ah queda aquí indicada.

Mes	Consumo (kWh)	Consumo (Ah)
Enero	4030,204	93291,75926
Febrero	4242,32	98201,85185
Marzo	3825,288	88548,33333
Abril	2790,918	64604,58333
Mayo	4488,036	103889,7222
Junio	1483,648	34343,7037
Septiembre	1367,37	31652,08333
Octubre	4492,236	103986,9444
Noviembre	4222,32	97738,88889
Diciembre	3002,804	69509,35185

Figura 33. Consumo mes a mes expresado en Ah

Por último, se procederá al cálculo del coeficiente más desfavorable para la irradiación de las diferentes inclinaciones indicadas anteriormente, para elegir así la inclinación óptima para esta instalación.

Mes	Consumo (Ah)	Irradiación 15º (kWh/m2)	Irradiación 30º (kWh/m2)	Irradiación 45º (kWh/m2)	Irradiación 60º (kWh/m2)
Enero	93291,75926	96,39	117,96	132,63	139,28
Febrero	98201,85185	112,96	129,53	138,9	140,3
Marzo	88548,33333	163,23	176,15	179,51	172,84
Abril	64604,58333	170,13	171,89	165,2	150,19
Mayo	103889,7222	202,77	195,5	179,35	154,81
Junio	34343,7037	235,49	223,16	200,47	168,17
Septiembre	31652,08333	182,71	192,67	192,14	180,86
Octubre	103986,9444	133,65	149,05	156,38	154,96
Noviembre	97738,88889	95,15	112,58	123,71	127,67
Diciembre	69509,35185	95,01	118,08	134,3	142,48

Figura 34. Tabla comparativa de irradiaciones a diferentes inclinaciones

Mes	Consumo (Ah)	Cmd inclinación 15º	Cmd inclinación 30º	Cmd inclinación 45º	Cmd inclinación 60º
Enero	93291,75926	967,8572389	790,876223	703,3986222	669,8144691
Febrero	98201,85185	869,3506715	758,1398275	706,9967736	699,9419234
Marzo	88548,33333	542,4758521	502,6871038	493,2779975	512,3138934
Abril	64604,58333	379,736574	375,8484108	391,0689064	430,1523626
Mayo	103889,7222	512,3525286	531,4052288	579,2568844	671,0788852
Junio	34343,7037	145,8393295	153,8972204	171,3159261	204,2201564
Septiembre	31652,08333	173,2367322	164,2813273	164,7344818	175,0087545
Octubre	103986,9444	778,0542046	697,6648403	664,9631951	671,0566885
Noviembre	97738,88889	1027,208501	868,1727562	790,0645776	765,5587757
Diciembre	69509,35185	731,6003773	588,6632101	517,5677725	487,8533959

Figura 35. Coeficientes cmd para diferentes inclinaciones

Así pues, quedan calculados todos los coeficientes para las diferentes inclinaciones y meses, aplicando la siguiente fórmula:

$$\text{Coeficiente CMD} = \frac{\text{Consumo (Ah/mes)}}{\text{Irradiación}}$$

La metodología que se ha seguido ha sido la de estudiar las posibilidades para diferentes inclinaciones, dotando al estudio realizado de mayor profundidad y analizando todas las posibilidades. Sin embargo, como se había anticipado, los meses de invierno presentan coeficientes más desfavorables como es lógico, son los meses con peor radiación solar.

Por tanto, sabiendo que son esos meses los que peor radiación tendrán, y además, teniendo en cuenta que en el colegio los meses con mayor consumo son los de invierno (a excepción del mes de Mayo) es lógico que el mes con el coeficiente más desfavorable sea esté entre los meses de invierno, en este caso el mes de Noviembre.

Además, en toda instalación fotovoltaica se realiza un sobredimensionado para tener cubiertos factores como la suciedad, el desgaste, etc. Que pueden afectar negativamente al funcionamiento de la misma, el valor típico del sobredimensionamiento es del 20% para el peor coeficiente, siendo posible un mayor ajuste en dependencia del sitio donde se vaya a realizar el estudio, pero en este caso, siendo un centro escolar en el cual sería muy difícil regular el consumo para el mes más desfavorable, variar las actividades del colegio solo en base al consumo afectaría a la planificación del año escolar, por lo tanto utilizaremos el 20% que se utiliza habitualmente en las instalaciones fotovoltaicas.

Concluyendo, elegiremos la **inclinación de 60°** para los paneles solares y todos los cálculos se harán para garantizar el pleno funcionamiento de la instalación durante el mes de Noviembre, que tiene un coeficiente de **765,559** esto nos asegurará poder cubrir las necesidades durante el resto del año.

3.4 Descripción de los elementos de la instalación

3.4.1 Paneles solares

En toda instalación fotovoltaica, los primeros elementos a estudiar son los paneles solares, son los que se encargan de captar la energía producida por la radiación solar y usarla en beneficio propio.

En el caso de nuestra instalación, el tipo de panel solar utilizado serán los paneles fotovoltaicos, transformando la energía solar fotovoltaica en energía eléctrica.

Existen dos materiales principales para su fabricación, silicio cristalino y arseniuro de Galio, este último es el que presenta mejor eficacia de conversión de la energía, pero también un mayor coste, por lo que la mayoría de las placas fotovoltaicas se fabrican con silicio.

A su vez, las placas con células de silicio se dividen en tres subcategorías:

- Silicio monocristalino, un único cristal de silicio.
- Silicio policristalino, conjunto de cristales, con un rendimiento ligeramente inferior.
- Silicio amorfo, son las menos eficientes y también las más baratas.

Las placas fotovoltaicas constan de varias células solares conectadas en serie y paralelo para fijar el voltaje de salida deseado. Los más comunes son de 12 V y de 24 V nominales, pero alcanzan valores picos algo superiores.

El funcionamiento de las placas viene dado por sus curvas características de Intensidad-Voltaje proporcionada en la ficha técnica. Las mediciones de referencia para las placas se hacen a un valor de $1000\text{W}/\text{m}^2$ y 25° de temperatura ambiente, lo que serían las condiciones óptimas de funcionamiento. Estos valores por supuesto, son diferentes en la realidad, por lo que también hay curvas para radiaciones menores.

El producto elegido para esta instalación es una placa de silicio policristalino de 72 células del fabricante ERA con una potencia de 340 W y una tensión de salida de 24 V.

El fabricante nos garantiza que la placa funcionará al menos hasta un 90% de su potencia nominal los 10 primeros años y hasta un 80% en los primeros 25 años.

La placa ha sido elegida en base a su calidad y precio, en el momento del estudio la placa contaba con un 12% de descuento y muy buenas opiniones de los compradores.

Sin embargo, se pueden elegir placas de otros fabricantes con características similares, otra opción viable es la placa del fabricante Trina solar, con una potencia y voltajes del mismo valor y un precio ligeramente superior.

Ambas fichas técnicas pueden encontrarse en el Anexo I “Fichas técnicas”

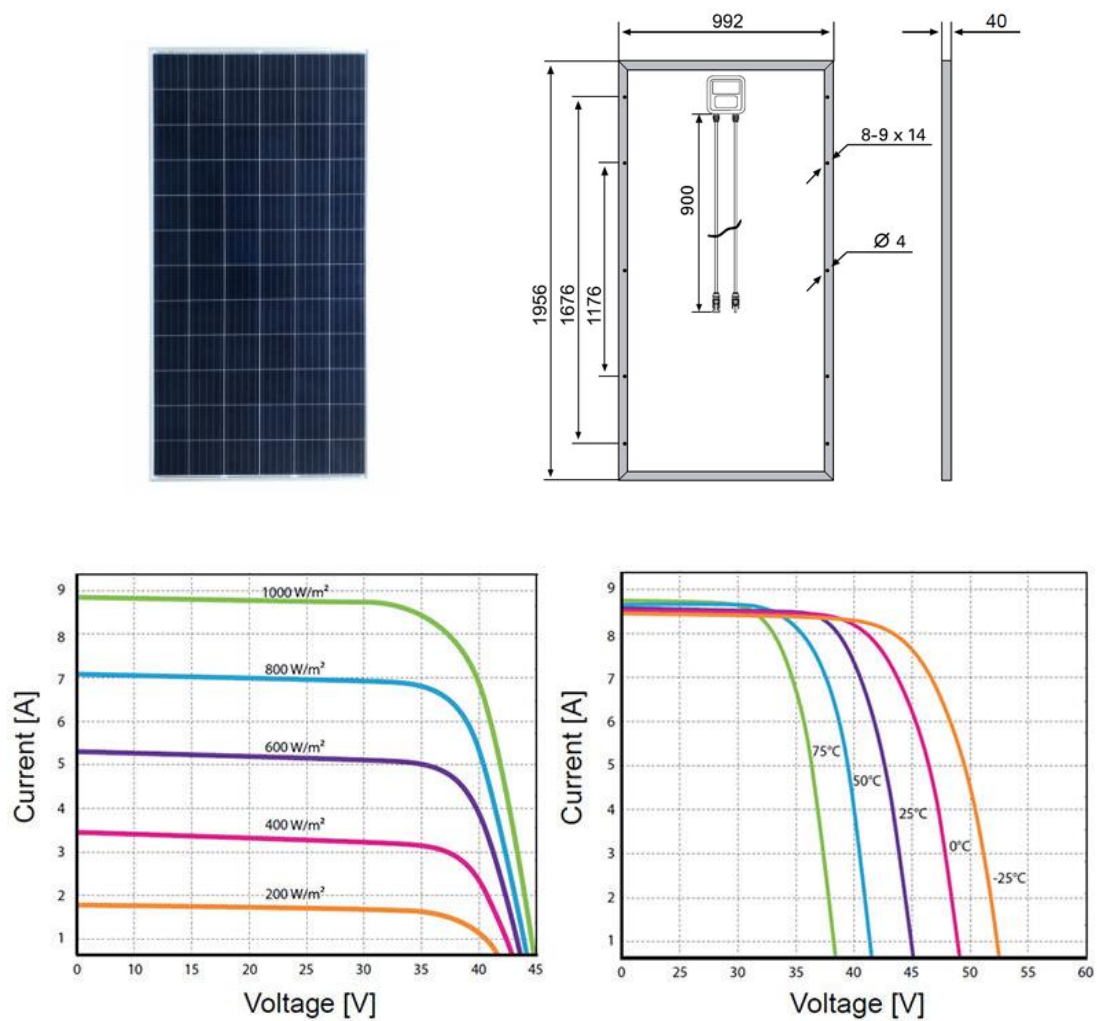


Figura 36. Placa elegida y curvas características extraídas de la ficha técnica

Las características nominales de la placa elegida con las cuales se harán los cálculos son:

- Potencia pico: 340 W
- Tensión nominal de trabajo: 24 V
- Tensión máxima potencia: 38,5 V
- Tensión en circuito abierto: 46,4 V
- Corriente pico de salida: 8,84 A
- Corriente en cortocircuito: 9,45 A

Para más información sobre la placa, se puede consultar el Anexo I “Fichas técnicas”.

3.4.1.1 Cálculo de placas necesarias

Una vez concretada la placa solar seleccionada, es necesario calcular el número de placas que necesitaremos en nuestra instalación.

Para calcular el número de las placas que irán conectadas en serie, necesitaremos dividir la tensión de nuestra instalación entre la tensión de las placas seleccionadas.

$$\text{Número placas serie} = \frac{\text{Tensión instalación (V)} 48 \text{ V}}{\text{Tensión nominal placa (V)} 24 \text{ V}} = 2 \text{ Placas serie}$$

En cuanto al número de líneas en paralelo de placas, el cálculo es el siguiente:

$$\text{Número líneas paralelo} = \frac{\text{Coeficiente más desfavorable} \times \text{Sobredimensionado}}{\text{Intensidad pico placa (A)}}$$

$$103,922 \text{ Líneas en paralelo} = 104 \text{ Líneas} = \frac{765,559 \times 1.2}{8,84}$$

El valor de las líneas siempre hay que redondearlo hacia arriba, ya que se puede dejar una línea incompleta.

Por consiguiente, queda el número total de placas en 104 líneas x 2 placas en serie por cada línea, llegando a un total de **208 Placas solares**.

Sin embargo, con la finalidad de reducir pérdidas energéticas y costes de la instalación, y como se explicará más adelante en siguiente apartado, para esta instalación se ha elegido un regulador “maximizador” que permite trabajar a tensiones de entrada de los paneles fotovoltaicos a muchísimo mayores a los 48 V. En nuestro caso, se ha elegido un regulador que permite hasta 250 V de tensión de entrada, por lo que, para alcanzar esta tensión se conectarán las siguientes placas en serie:

$$\text{Número placas serie} = \frac{250 \text{ V}}{24 \text{ V}} = 10,41 \approx \mathbf{10 \text{ Placas serie}}$$

En consecuencia, el nuevo número de líneas en paralelo de la instalación es:

$$\text{Número líneas paralelo} = \frac{208 \text{ Placas}}{10 \text{ Placas serie}} = 20,8 \approx \mathbf{21 \text{ Líneas paralelo}}$$

Ajustando tendremos, 21 líneas de 10 placas en serie resultando en **210 Placas solares**.

La potencia pico de las placas fotovoltaicas será:

$$\text{Potencia máxima instalada en placas} = 340 \text{ W} \times 210 \text{ Placas} = \mathbf{71400 \text{ W}}$$

3.4.2 Reguladores

El regulador de carga es el elemento que se encarga del control, regula la transferencia de la carga de las placas a las baterías, y la descarga de las mismas hacia los elementos de consumo, procurando evitar sobrecargas de las baterías cuando estas están totalmente cargadas desconectándolas, y evita también la descarga de las baterías hacia las placas en horas con una radiación mínima o nula, ya que esto dañaría las placas.

A su vez, el regulador también evita el drenaje total de las baterías, alargando así su vida útil e incluso puede proteger contra una sobretensión hacia las mismas.

Las características principales de un regulador son su tensión de trabajo, dada por la tensión en corriente continua de la instalación, y la intensidad máxima tanto de entrada como de salida.

La intensidad máxima de entrada viene definida por las placas fotovoltaicas mientras que la de salida por la que consume la instalación.

Existen dos tipos principales de reguladores de carga, y aquí quedan expuestas brevemente sus principales diferencias.

-Los reguladores de carga MPPT (*Maximum Power Point Tracker*) maximizan su corriente a la salida de las baterías, hacen funcionar la placa en su punto de potencia máxima elevando la eficiencia de estas en cuanto a la producción, el inconveniente es que presentan un coste más elevado que los reguladores PWM. Por último, estos reguladores también pueden trabajar con placas solares de conexión a red.

-Los reguladores de carga PWM (*Pulse-Width Modulation*) se caracterizan por dimensionarse en dependencia de la intensidad máxima de las placas y la tensión de las baterías, y únicamente puede ser utilizado a una misma tensión de placas y baterías, es decir, no podría funcionar con placas de 24 V y baterías de 12 V lo que limita la elección de las mismas. Además, este tipo de reguladores solo pueden trabajar con placas de 36 y 72 células, mientras los MPPT permiten una variedad más amplia.

Analizando los dos tipos de reguladores, se opta por los reguladores MPPT o reguladores maximizadores, ya que presentan varios beneficios con respecto a los del tipo PWM.

3.4.2.1 Cálculo de los reguladores

La magnitud condicionante a la hora de elegir el tipo de reguladores que tendrá nuestra instalación es la corriente de entrada al aparato, dado por las placas, por lo que realizaremos el siguiente cálculo:

$$\text{Intensidad pico regulador (A)} = \text{Intensidad pico placa (A)} \times \text{Líneas paralelo}$$

$$184,64 \text{ A} = 8,84 \text{ A} \times 21 \text{ Líneas}$$

Este valor de intensidad se consigue gracias al regulador maximizador, que ha reducido muy significativamente el número de líneas en paralelo.



Figura 37. Regulador MMPT del fabricante SRNE Solar

El regulador seleccionado es el “Regulador MPPT 250V 85A LCD 12/24/48V” ya que cuenta con excelente precio para su tipo, y tiene la posibilidad de trabajar con un amplio tipo de tensiones de instalaciones, dejando un gran abanico de posibilidades a la hora de seleccionar las baterías, que es la parte más costosa de la instalación, por lo que buscamos una mayor libertad en cuanto a su criterio de selección.

Sus características de funcionamiento se extraen de la ficha técnica, que se puede consultar en el Anexo I “Fichas Técnicas”.

El regulador seleccionado trabaja a una corriente máxima de 85 A por lo que el cálculo para el número de líneas que albergará es el siguiente:

$$\text{Líneas por regulador} = \frac{\text{Corriente regulador (A)}}{\text{Corriente pico placa (A)}} = \frac{85 \text{ A}}{8,84 \text{ A}} = 9,62 \approx 9 \text{ Líneas}$$

Puesto que el número de líneas en paralelo es 21, por lo que para albergar todas las líneas serían necesarios:

$$\frac{\text{Líneas paralelo}}{\text{Líneas por regulador}} = \frac{21}{9} = 2,33 \approx 3 \text{ Reguladores}$$

Por lo tanto, para equilibrar un poco el sistema, cada regulador tendría 7 líneas en paralelo de 10 placas, resultando en un total de 70 placas por regulador. Así cada regulador tiene el mismo número de líneas en paralelo.

Como se observa, la elección de un regulador maximizador se ha hecho para poder usar una tensión de entrada al regulador mucho mayor a 48 V, elevando la tensión a valores de entre 200-300 V podemos reducir muy significativamente el número de reguladores, puesto que se pueden conectar muchas más placas en serie por cada línea.

Tendremos entonces, en nuestra instalación **3 reguladores**. Esto no supondrá ningún problema ya que cada uno de los reguladores puede soportar una intensidad mayor a la que producirían 9 líneas.

3.4.3 Baterías

Las baterías son las encargadas de almacenar la energía eléctrica producida por las placas, es la que garantiza el funcionamiento continuo de la instalación pues es imposible tener funcionando las placas solares las 24h del día, las horas de sol son limitadas, al igual que no siempre el clima actuará en beneficio de nuestra instalación.

Las baterías cuentan con dos tipos de ciclos, el ciclo diario que garantiza el funcionamiento durante las horas de oscuridad del día, y el ciclo largo, el cual dota de cierta autonomía a la instalación, permitiendo que hasta con días con clima adverso, los elementos de consumo puedan seguir funcionando.

Toda batería se caracteriza principalmente por su capacidad y su profundidad de descarga, la capacidad nos indica la energía que es capaz de almacenar esa batería, y normalmente se mide en Ah. La profundidad de descarga es un porcentaje el cual representa la máxima cantidad de energía que se puede extraer de esa batería sin afectar a su vida útil.

La profundidad de descarga de las baterías comerciales suele rondar el 70% sin embargo en las instalaciones fotovoltaicas el ciclo de carga y descarga de la batería en un día no alcanza este valor, de hecho habitualmente no supera el 20%. Haría falta varios días consecutivos de muy baja radiación debido al clima en las placas para acercarse al valor límite de la profundidad de descarga, algo que en el emplazamiento de nuestra instalación tiene muy escasas probabilidades de suceder.

Comúnmente para las instalaciones aisladas se utilizan baterías estacionarias de 2 V conectándose en serie para alcanzar la tensión de la instalación, y dentro de los 3 tipos de baterías, se han elegido concretamente las baterías OPzS ya que estas no requieren mantenimiento en comparación a las OPzV y TOPzS.

3.4.3.1 Cálculo de baterías necesarias

Para calcular las baterías que se necesitan en la instalación, es imprescindible fijar un número de días de autonomía, siguiendo el criterio propio y el criterio de la región explicado en el apartado 3.1.2 “Descripción del clima” donde se explica que la instalación se encuentra en una zona donde es extremadamente poco probable encontrarse con más de 4 o 5 días seguidos de clima adverso, como lluvias fuertes y nubosidad completa. La situación de tener 5 días consecutivos con radiación insuficiente para alimentar la instalación, además del fin de semana, ya que el colegio solo abre los días laborales, hacen que se opte por la opción de **5 días de autonomía**.

A esto hay que añadir, de que los cálculos se están realizando para el mes más desfavorable, en el resto de meses del año hay muchos excedentes de energía, por lo que en caso de fallar la instalación sería solo sería durante el mes de Noviembre, teniendo esto en cuenta y explicándolo a la hora de realizar la instalación, es el mes donde en el muy improbable caso de tener las condiciones climatológicas extremadamente adversas, habría que prestar atención e intentar reducir el uso de los elementos de consumo del colegio. Sin embargo, como se ha mencionado anteriormente, debido a la región donde nos encontramos, es extremadamente improbable que se dé el caso.

Por concretar, el único caso de posible fallo sería en el de 5 días consecutivos en los que la radiación sobre las placas no fuera suficiente como para alimentar la instalación, días de lluvia extrema y totalmente nublados, algo extremadamente improbable.

Por consiguiente, los cálculos se realizarán para 5 días de autonomía, y la forma de obtener el número de baterías necesarias hay que buscar el caso más desfavorable en cuanto a consumo, es decir, el **día con mayor consumo del año**.

A pesar de que el mes con el coeficiente más desfavorable sea Noviembre, si buscamos en el apartado 3.3.2 “Análisis del consumo mes a mes de la instalación”, el mes con un mayor consumo es Octubre, y dividiendo el consumo mensual calculado entre los días lectivos de ese mes, obtenemos el valor del consumo diario más desfavorable.

$$\text{Consumo diario más desfavorable (Ah/día)} = \frac{\text{Consumo Octubre (Ah/mes)}}{\text{Días lectivos}}$$

$$4951,76 \text{ Ah/día} = \frac{103986,9444 \text{ Ah/mes}}{21 \text{ días}}$$

A su vez, este valor hay que multiplicarlo por el número de días buscado de autonomía, y tener en cuenta el coeficiente de profundidad de descarga de la batería, por tanto, la capacidad total necesaria en baterías para nuestra instalación es la siguiente:

$$\text{Capacidad} = \frac{\text{Días autonomía} \times \text{Consumo más desfavorable}}{\% \text{ Profundidad descarga}}$$

$$\mathbf{35369,714 \text{ Ah}} = \frac{5 \times 4951,76 \text{ Ah/día}}{0,71}$$

Sabiendo que necesitamos una capacidad tan elevada, se busca la batería con mayor capacidad y fiabilidad, buscando el mínimo número de baterías posible.

La batería seleccionada es el modelo “RES 24 OPzS 2V 4620 Ah SUNLIGHT”, cuya ficha técnica puede encontrarse en el Anexo I “Fichas Técnicas”.

Del fabricante sabemos que la capacidad de la batería para 120 horas de descarga (C_{120}) tiene un valor de 4620 Ah como su propio nombre indica, y ya que se buscan 5 días de autonomía (120 horas) es este el valor que usaremos para los cálculos.



Figura 38. Serie del modelo de batería seleccionada OPzS con capacidad de 4620 Ah

Type	Positive Plates		Number of Poles	Rated Capacity (Ah at 20°C)					
	Number	Size (Ah)		C240 1.85 Vpc	C120 1.85 Vpc	C48 1.80 Vpc	C24 1.80 Vpc	C12 1.80 Vpc	
Cells	2V 2 RES OPzS 185	2	50	2	196	187	172	153	131
	2V 3 RES OPzS 260	3		2	273	262	244	217	188
	2V 4 RES OPzS 300	4		2	310	300	285	256	224
	2V 5 RES OPzS 375	5		2	391	379	359	323	281
	2V 6 RES OPzS 450	6	70	2	469	454	431	387	338
	2V 5 RES OPzS 550	5		2	574	553	527	474	413
	2V 6 RES OPzS 660	6		2	688	662	630	567	494
	2V 7 RES OPzS 750	7		2	779	750	717	646	564
	2V 5 RES OPzS 900	5	100	2	947	904	845	748	639
	2V 6 RES OPzS 965	6		2	1006	966	916	816	703
	2V 7 RES OPzS 1230	7		4	1286	1230	1154	1024	877
	2V 8 RES OPzS 1275	8		4	1330	1278	1213	1083	934
	2V 9 RES OPzS 1480	9	125	4	1547	1484	1403	1250	1076
	2V 10 RES OPzS 1590	10		4	1656	1592	1511	1349	1165
	2V 11 RES OPzS 1885	11		4	1974	1888	1776	1576	1350
	2V 12 RES OPzS 1905	12		4	1986	1908	1810	1614	1391
	2V 11 RES OPzS 2285	11	125	4	2369	2286	2173	1957	1698
	2V 12 RES OPzS 2225	12		4	2296	2226	2142	1944	1701
	2V 14 RES OPzS 2765	14		6	2868	2769	2639	2381	2069
	2V 15 RES OPzS 2920	15		6	3018	2921	2797	2531	2208
	2V 16 RES OPzS 2970	16		6	3064	2973	2861	2600	2279
	2V 18 RES OPzS 3780	18		8	3916	3780	3589	3236	2811
	2V 20 RES OPzS 4075	20		8	4217	4076	3885	3510	3057
	2V 22 RES OPzS 4455	22		8	4615	4457	4247	3833	3335
	2V 24 RES OPzS 4620	24	8	4770	4620	4430	4014	3508	
	2V 26 RES OPzS 4730	26	8	4869	4733	4564	4156	3656	

Figura 39. Capacidad para 120 horas de descarga de la batería

Las conexiones de las baterías se harán en serie conectando 24 vasos de 2 V como se ha mencionado anteriormente, para llegar al total de 48 V de tensión de la instalación, y el número de líneas en paralelo de baterías ser calculará así:

$$\text{Líneas de baterías} = \frac{\text{Capacidad total instalación (Ah)}}{\text{Capacidad batería (Ah)}}$$

$$8 \text{ Líneas} \approx 7,65 = \frac{35369,714 \text{ Ah}}{4620 \text{ Ah}}$$

Por lo tanto necesitaremos 8 líneas de baterías. En conclusión, el número total de baterías de la instalación sería:

$$8 \text{ Líneas} \times 24 \text{ Vasos serie} = \mathbf{192 \text{ Baterías}}$$

Se recalca que con esta cantidad de baterías, quedaría cubierto el mes más desfavorable para la instalación, pero durante el resto del año habría muchos excedentes de energía.

3.4.4 Inversores

El inversor es el elemento que se encarga de la transformación de la corriente continua generada por la instalación, a corriente alterna para los receptores, teniendo pues un voltaje de entrada típico de las instalaciones fotovoltaicas de 12 V, 24 V o 48 V y un voltaje de salida con el valor usual de la red eléctrica 230 V, monofásicos o trifásicos.

El rendimiento típico de los inversores comerciales está alrededor del 90% y su potencia debe ser la suma de todos los elementos de consumo de la instalación, en caso de usarse más de un inversor, la potencia de la instalación se dividiría entre estos.

Por así decirlo, la potencia del inversor es como la potencia contratada a la red eléctrica, una potencia que fije la cantidad máxima de elementos del consumo utilizados al mismo tiempo, y esta se ajustará dependiendo de las demandas de la instalación. En nuestro caso, necesitamos que la potencia de los inversores supla casi por completo las necesidades del consumo pues en el centro escolar puede darse el caso de estar una parte significativa de los aparatos funcionando al mismo tiempo, sin embargo es prácticamente imposible llegar al 100% de la potencia total de los elementos de consumo.

Basándonos en estos criterios, elegiremos un modelo de inversores para nuestra instalación sabiendo que debemos suplir 34 kW de potencia en elementos de consumo, y debemos tener en cuenta el rendimiento del inversor para no tener ningún déficit de potencia.

En el caso de esta instalación, se ha elegido un inversor de alta calidad con una potencia de 12 kW, el modelo “Inversor-Cargador QUATTRO 48 V de Victron Energy” debido a su alta potencia y a la posibilidad de tener hasta 6 inversores del mismo modelo conectados en paralelo para alcanzar una potencia total de 48 kW. Este modelo cuenta con un rendimiento máximo del 96% un valor bastante elevado.

Otra posibilidad es elegir el modelo de 8 kW del mismo fabricante, pero harían falta más unidades y en cuanto al factor económico la opción más viable es la seleccionada.



Figura 40. Inversor seleccionado con 12 kW de potencia

La ficha técnica del modelo elegido está en el Anexo I “Fichas técnicas”.

3.4.4.1 Cálculo de inversores necesarios

Como se ha explicado anteriormente, para calcular el número total de inversores necesarios en la instalación, se requiere la potencia total de los elementos de consumo de la instalación, calculada en el apartado “3.3.1 Potencia máxima de la instalación” y es de 34 kW.

Así pues se realizará el siguiente cálculo:

$$\text{Número inversores} = \frac{\text{Potencia total elementos consumo (kW)}}{\text{Potencia máxima inversor (kW)}}$$

$$2,833 \approx \mathbf{3 Inversores} = \frac{34 \text{ kW}}{12 \text{ kW}}$$

Así pues, contaremos con 3 inversores para nuestra instalación, teniendo un regulador para cada uno de los inversores.

La distribución de los elementos de consumo conectados a los inversores se realizará de manera que sean independientes unos de otros, es decir, al tratarse de una instalación autosuficiente aislada, cuando un inversor se conecta a los elementos de consumo, crea su propia red. Las salidas de los inversores no deben conectarse entre sí, y se realiza de manera que en caso de fallo de alguno de los inversores, el resto de equipos conectado a otro inversor pueda seguir funcionando, dotando a la instalación de una mayor selectividad.

También se busca que la potencia de elementos de consumo que soporte cada inversor esté equilibrada, y que los elementos que se conectan a inversores diferentes sean relativamente independientes unos de otros, por ejemplo, el inversor al que se conectan los ordenadores es diferente del que tiene conectadas las luminarias. Y el inversor con los elementos de la cocina y los proyectores es diferente al de las luminarias y los ordenadores.

En resumen, se busca cierta independencia de los diferentes grupos de elementos de consumo, para contar con mayor seguridad y fiabilidad en la instalación, evitando el caso del fallo total de la misma.

La distribución de conexiones de elementos de consumo a los inversores queda de la siguiente forma:

Elementos	Inversor 1	Inversor 2	Inversor 3
Tubos fluorescentes	9,072		
Ordenadores		11	
Proyectores			8
Máquina refrescos	0,8		
Cafetera	0,9		
Calefacción de gas	0,1		
Impresora	0,45		
Fotocopiadora			0,9
Trituradora			0,22
Horno eléctrico			1,2
Neveras			1,05
Extractor			0,4
Potencia total (kW)	11,322	11	11,77

Figura 41. Distribución de elementos conectados a cada inversor

También sería posible en caso de fallo, conectar los elementos de un inversor a otro, siempre que no se sobrepase la potencia límite de 12kW del inversor. Por ejemplo si uno de los inversores fallara, el que tiene conectados los ordenadores, y se necesitara usarlos, estos se podrían conectar al inversor de la luminaria, pero en ese caso no podrían encenderse todas las luminarias y ordenadores al mismo tiempo. Esto sería una medida para no tener que detener las actividades del centro mientras se repara el inversor que presentara alguna avería. La posibilidad de tener más de un inversor dota de una mayor fiabilidad a la instalación.

3.4.5 Soportes

Las placas fotovoltaicas de la instalación estarán situadas en el terreno colindante al centro escolar, en el suelo, por lo que necesitarán un soporte que las apoye.

Como se ha calculado anteriormente, la inclinación óptima para esta instalación es de 60° , y al tener 210 placas configuradas en 21 líneas paralelas de 10 placas en serie, optaremos por un soporte regulable, pues nuestra inclinación no cuenta con soportes ya fabricados en el mercado, deben hacerse a medida, lo cual supone un mayor gasto.

De esta forma, al tener la posibilidad de modificar ligeramente el terreno, ya que está formado de tierra utilizada anteriormente para cultivo, se ajustará el terreno de forma que el soporte consiga los 60° de inclinación.

El producto seleccionado es el modelo FV925 XL, del fabricante SUNFER con un rango de inclinaciones de 30° hasta 50° y que cuenta con varias estructuras disponibles en el mercado. En nuestro caso, elegimos dividir en 7 estructuras de 30 paneles.

La combinación para nuestras 210 placas sería 7 estructuras de soportes a plena capacidad.

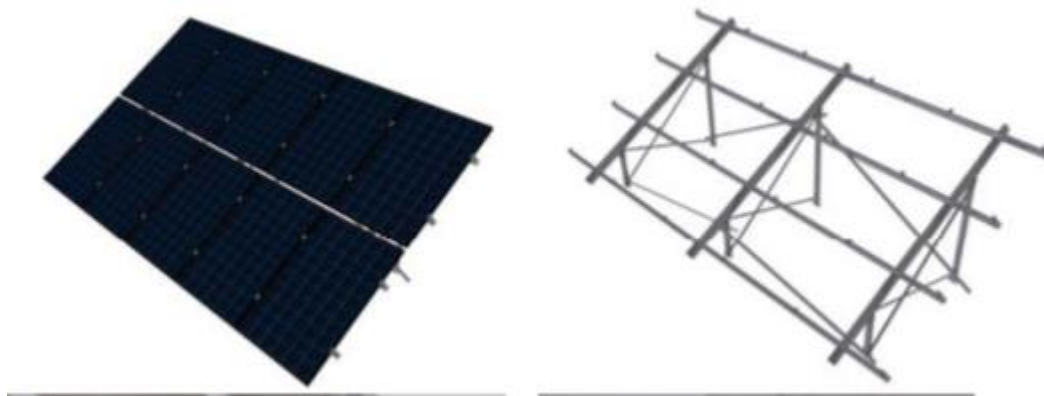


Figura 42. Soporte FV925 XL seleccionado para las placas

3.4.7 Distribución de las placas solares

Como se ha mencionado con anterioridad, disponemos de una extensión de terreno suficientemente grande como para tener total libertad a la hora de distribuir las placas solares, sin embargo, se intentará colocarlas de forma que ocupen el menor espacio posible, por lo que el primer paso es calcular cuánta distancia debe haber entre una fila y otra de soportes para que no se hagan sombra entre sí y las placas estén a pleno rendimiento siempre que el clima lo permita.

La orientación de las placas se debe hacer siempre apuntando hacia el sur geográfico, en el caso de nuestro emplazamiento no habrá ningún problema, de hecho como se observa en la brújula de la esquina inferior derecha de la figura, la parcela permite orientar las placas hacia el sur.



Figura 43. Orientación de la parcela para la instalación

El soporte seleccionado permite albergar 30 placas en dos filas apiladas, colocadas unas encima de otras, por lo que simplemente necesitaremos saber la altura para determinar el espacio que hay que dejar entre las filas de los soportes.

Existe una fórmula para el cálculo de la distancia mínima entre las placas, el cual está representado en el siguiente esquema.

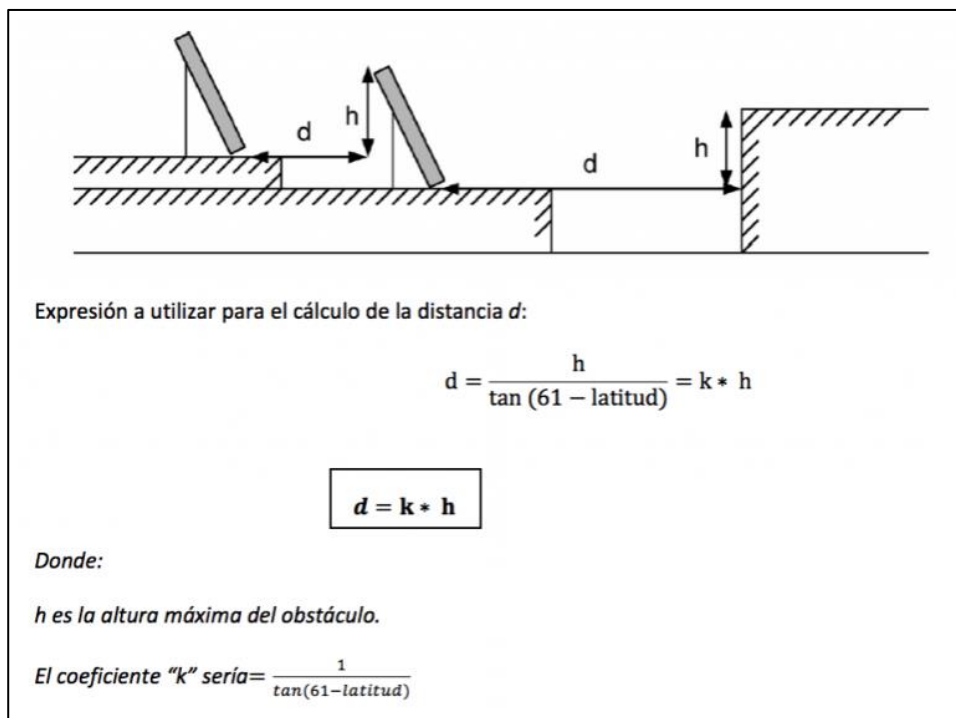


Figura 44. Esquema explicativo de distancia mínima entre placas extraído de la web de Tecnosol

Aplicando el teorema de Pitágoras, con las dimensiones del soporte extraídas de la ficha técnica y la inclinación de 60° obtenemos la altura. Se toma la longitud de 2 metros de altura puesto que las placas miden 1 metro de ancho, y están colocadas de forma horizontal, resultando en 2 placas apiladas de 1 metro cada una

$$H (m) = \text{Longitud placa (m)} \times \sin 60^\circ$$

$$1,73 \text{ m} = 2 \text{ m} \times \sin 60^\circ$$

Para calcular el coeficiente "k" utilizaremos la latitud exacta del emplazamiento, que se encuentra en el apartado "3.1 Descripción del emplazamiento"

Latitud: 39° 25' 09.8" → **39,418°**

$$k = \frac{1}{\tan(61^\circ - 39,418^\circ)} = 2,528$$

Por lo que, la distancia mínima entre las placas sería:

$$d = k \times h = 2,528 \times 1,73 \text{ m} = \mathbf{4,373 \text{ m}}$$

De todas formas, al contar con una parcela tan extensa, dejaremos 5 metros entre las filas de placas, para tener una mayor facilidad y accesibilidad a la hora de cualquier tarea de mantenimiento o limpieza.

Según la ficha técnica, las placas miden 2 metro de altura, y puesto que los soportes las colocan en horizontal, los soportes de 30 placas ocuparán 60 metros. Como sabemos del apartado "3.1 Descripción del emplazamiento" la parcela cuenta con 70 metros de anchura, por lo que podremos situar 7 filas totales de soportes, en cada fila habrá un soporte de 30 placas. Entre las filas habrá 5 metros de distancia, por lo que, contando también con las medidas de las filas de soportes, aproximadamente las placas ocuparán unos 2640 m², menos que los 3500 m² disponibles de la parcela.

En el documento 4 "Planos" hay figuras que permiten una mejor comprensión de la distribución de placas y su situación en la instalación.

3.4.8 Cableado y protecciones

3.4.8.1 Secciones de los cables

El cableado de la instalación es una parte a la que se debe prestar gran atención, pues los conductores eléctricos serán los que determinen el correcto funcionamiento del sistema, evitando la mayor cantidad de pérdidas posibles.

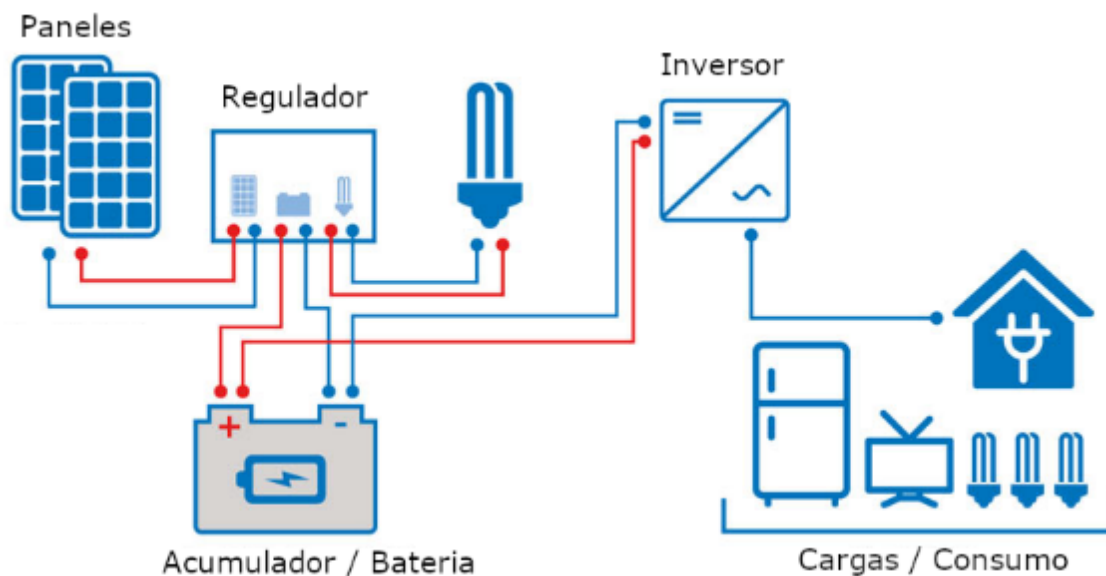


Figura 46. Esquema de la conexión de todos los aparatos de la instalación

Como se observa en la figura, hay diferentes tramos de conexión, para los cuales se utilizarán también diferentes tipos de cable.

El reglamento de baja tensión establece los límites en cuanto a caída de tensión máxima admisible, pero seguiremos las recomendaciones del IDEA al ser un poco más restrictivas.

Tramo	Caída de tensión máxima	Caída de tensión recomendada (IDAE)
Placas-regulador	3%	1%
Baterías-regulador	1%	0,5%
Inversor-baterías	1%	1%

También se debe hacer la diferenciación entre el cableado para corriente continua y el de corriente alterna, pues presentan tensiones diferentes.

La fórmula que se utilizará para el cálculo de la sección mínima de los cables será la siguiente:

$$S = \frac{2 \times L \times I}{U \times k}$$

Siendo:

L – Longitud del tramo a calcular

I – Intensidad máxima del tramo a calcular

U – Caída de tensión expresada en Voltios del tramo

K – Conductividad del material expresada en $m/\Omega mm^2$ (en nuestro caso todos los cables serán de cobre, y su valor de conductividad es $56 m/\Omega mm^2$)

El modelo para todo el cableado será el tipo de cable RV-K, debido a sus altas prestaciones y nivel de protección. Óptimo para todo tipo de instalaciones de baja tensión y el cual cumple las normas IEC 60502-1 y UNE 21123-2.

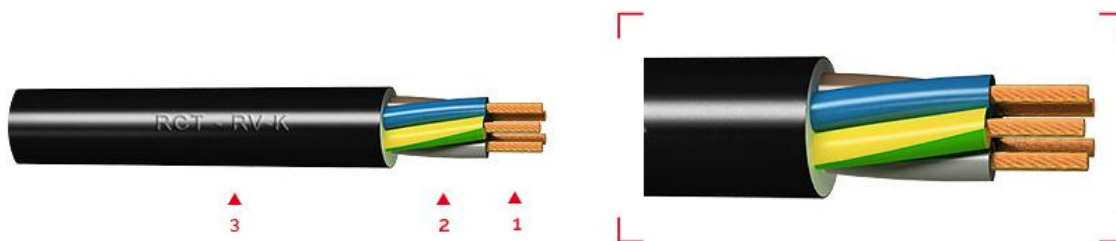


Figura 47. Modelo de cable seleccionado

3.4.8.1.1 Corriente continua

En el caso de nuestra instalación, la distancia entre las placas solares y los elementos de control de la instalación no es demasiada, ya que el terreno donde se instalarán los paneles está junto al colegio, a una distancia de 35 metros, que será la distancia que se utilice para el cálculo del tramo de los paneles fotovoltaicos a la habitación donde estarán las cajas de conexiones, reguladores e inversores. Los cuales estarán instalados dentro del edificio. La intensidad máxima que tendrán que soportar los cables será de 8,84 A, la máxima de salida de cada placa. Al tener una instalación con tensión de 24 V el 1% será 0,24 V

$$S = \frac{2 \times L \times I}{U \times k}$$

$$S = \frac{2 \times 35 \text{ m} \times 8,84 \text{ A}}{0,24 \text{ V} \times 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2} = 46.04 \text{ mm}^2$$

Se elige la sección normalizada inmediatamente superior de **50 mm²** para el tramo **placas- caja de conexión**. En este caso, optaremos por un cable enterrado, puesto que debe cruzar el patio del recreo y en un centro escolar sería peligroso dejar el cable expuesto a la vista.

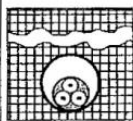
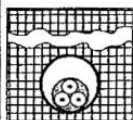
Método de instalación	Sección mm ²	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento			
		XLPE3	XLPE2	PVC3	PVC2
	Cobre				
	1,5	21	24,5	17	20,5
	2,5	27,5	32,5	22,5	27,5
	4	35	42	29	36
	6	44	53	37	44
	10	58	70	49	59
	16	75	91	63	76
	25	96	116	81	98
	35	117	140	97	118
	50	138	166	115	140
	70	170	204	143	173
	95	202	241	170	205
	120	230	275	192	233
	150	260	311	218	264
	185	291	348	245	296
240	336	402	282	342	
300	380	455	319	387	
	Aluminio				
	2,5	21	24,5	17	20,5
	4	27,5	32,5	22,5	27,5
	6	34	40	28	34
	10	45	53	38	45
	16	58	70	49	58
	25	74	89	62	76
	35	90	107	76	91
	50	107	126	89	107
	70	132	156	111	133
	95	157	185	131	157
	120	178	211	149	179
	150	201	239	169	202
	185	226	267	190	228
	240	261	309	218	263
300	295	349	247	297	

Figura 48. Intensidades máximas admisibles en secciones de cables de instalaciones enterradas (Norma UNE-20460-5-523)

Se ha utilizado la tabla de la norma UNE-20460-5-523 puesto que aunque la norma haya sido sustituida por la UNE-HD 60364-5-52, en lo referente a instalaciones enterradas los valores no han sido modificados. Podemos observar en la figura, que a una sección de 50 mm² le corresponden 138 A máximos, un valor muy superior a los 8,84 A que tendrán que soportar nuestros cables.

Para la conexión de las placas entre ellas, se utilizará una sección de 1,5 mm², ya que prácticamente no existe distancia entre ellas.

En cuanto a la conexión de la caja de conexiones de las placas a los reguladores, estarán a una distancia mínima de 1 metro, y no debe superar nunca los 5 metros, pues es lo recomendado.

Los reguladores soportarán 7 líneas de placas cada uno, por lo que la intensidad máxima del cable será de 8,84 A x 7 = 61,88 A.

$$S = \frac{2 \times 1 \text{ m} \times 61,88 \text{ A}}{0,24 \text{ V} \times 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2} = 9,21 \text{ mm}^2$$

Aunque la sección inmediatamente superior sea de 10 mm² para la conexión a los reguladores, al estar el valor tan próximo, se elige la siguiente sección normativa. **El cable de conexión a los reguladores tendrá una sección de 16 mm².** Para este tramo se realizará la instalación del cable sobre la pared.

TABLA B.52-1 (UNE-HD 60364-5-52: 2014) Métodos de instalación de referencia









Instalación de referencia		Tabla y columna				
		Intensidad admisible para los circuitos simples				
		Aislamiento PVC		Aislamiento XLPE o EPR		
		Número de conductores				
		2	3	2	3	
	Local Conductores aislados en un conducto en una pared térmicamente aislante	A1	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 7b	Tabla C.52-1 bis columna 6b
	Local Cable multiconductor en un conducto en una pared térmicamente aislante	A2	Tabla C.52-1 bis columna 3	Tabla C.52-1 bis columna 2	Tabla C.52-1 bis columna 6b	Tabla C.52-1 bis columna 5b
	Conductores aislados en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B1	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 10b	Tabla C.52-1 bis columna 8b
	Cable multiconductor en un conducto sobre una pared de madera o mampostería	B2	Tabla C.52-1 bis columna 5a	Tabla C.52-1 bis columna 4	Tabla C.52-1 bis columna 8b	Tabla C.52-1 bis columna 7b
	Cables unipolares o multipolares sobre una pared de madera o mampostería	C	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 6a	Tabla C.52-1 bis columna 11	Tabla C.52-1 bis columna 9b
	Cable multiconductor en conductos enterrados	D1	Tabla C.52-2 bis columna 3	Tabla C.52-2 bis columna 4	Tabla C.52-2 bis columna 5	Tabla C.52-2 bis columna 6
	Cables con cubierta unipolares o multipolares directamente en el suelo	D2				
	Cable multiconductor al aire libre Distancia al muro no inferior a 0,3 veces el diámetro del cable	E	Tabla C.52-1 bis columna 9a	Tabla C.52-1 bis columna 7a	Tabla C.52-1 bis columna 12	Tabla C.52-1 bis columna 10b
	Cables unipolares en contacto al aire libre Distancia al muro no inferior al diámetro del cable	F	Tabla C.52-1 bis columna 10a	Tabla C.52-1 bis columna 8a	Tabla C.52-1 bis columna 13	Tabla C.52-1 bis columna 11
	Cables unipolares espaciados al aire libre Distancia entre ellos como mínimo el diámetro del cable	G	Ver UNE-HD 60364-5-52			

Figura 49. Tabla referencia sobre los tipos de instalación del cableado

TABLA C.52-1 bis (UNE-HD 60364-5-52: 2014)
Intensidades admisibles en amperios Temperatura ambiente 40 °C en el aire

Método de instalación de la tabla B.52-1	Número de conductores cargados y tipos de aislamiento																			
	A1	PVC 3	PVC 3	PVC 2				XLPE 3	XLPE 2											
A2	PVC 3	PVC 2			XLPE 3	PVC 2		XLPE 2												
B1				PVC 3	PVC 2					XLPE 3	XLPE 2									
B2			PVC 3	PVC 2				XLPE 3	XLPE 2											
C						PVC 3				PVC 2			XLPE 3					XLPE 2		
E							PVC 3				PVC 2					XLPE 3			XLPE 2	
F										PVC 3				PVC 2				XLPE 3		XLPE 2
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13		
Sección mm²																				
Cobre																				
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	–		
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	–		
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	–		
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	–		
10	33	36	40	43	45	46	49	52	54	54	57	60	63	65	68	72	78	–		
16	45	48	53	59	61	63	66	69	72	73	77	81	85	87	91	97	104	–		
25	59	63	69	77	80	82	86	87	91	95	100	103	108	110	115	122	135	146		
35	–	–	–	95	100	101	106	109	114	119	124	127	133	137	143	153	168	182		
50	–	–	–	116	121	122	128	133	139	145	151	155	162	167	174	188	204	220		
70	–	–	–	148	155	155	162	170	178	185	193	199	208	214	223	243	262	282		
95	–	–	–	180	188	187	196	207	216	224	234	241	252	259	271	298	320	343		
120	–	–	–	207	217	216	226	240	251	260	272	280	293	301	314	350	373	397		
150	–	–	–	–	–	247	259	276	289	299	313	322	337	343	359	401	430	458		
185	–	–	–	–	–	281	294	314	329	341	356	368	385	391	409	460	493	523		
240	–	–	–	–	–	330	345	368	385	401	419	435	455	468	489	545	583	617		
Alu- minio																				
2,5	11,5	12	13	14	15	16	16,5	17	17,5	18	19	20	20	20	21	23	25	–		
4	15	16	17	19	20	21	22	22	23	24	25	26	28	27	29	31	34	–		
6	20	20	22	24	25	27	29	28	30	31	32	33	35	36	38	40	44	–		
10	26	27	31	33	35	38	40	40	41	42	44	46	49	50	52	56	60	–		
16	35	37	41	46	48	50	52	53	55	57	60	63	66	66	70	76	82	–		
25	46	49	54	60	63	63	66	67	70	72	75	78	81	84	88	91	98	110		
35	–	–	–	74	78	78	81	83	87	89	93	97	101	104	109	114	122	136		
50	–	–	–	90	94	95	100	101	106	108	113	118	123	127	132	140	149	167		
70	–	–	–	115	121	121	127	130	136	139	145	151	158	162	170	180	192	215		
95	–	–	–	140	146	147	154	159	166	169	177	183	192	197	206	219	233	262		
120	–	–	–	161	169	171	179	184	192	196	205	213	222	228	239	254	273	306		
150	–	–	–	–	–	196	205	213	222	227	237	246	257	264	276	294	314	353		
185	–	–	–	–	–	222	232	243	254	259	271	281	293	301	315	337	361	406		
240	–	–	–	–	–	261	273	287	300	306	320	332	347	355	372	399	427	482		

Figura 50. Intensidades máximas admisibles según la sección del cable y su aislamiento.

En la figura se observa que la intensidad máxima para nuestro tipo de cable es de 97 A, superior a los 61,88 A que soportará. La sección es válida.

Para la conexión de las baterías, se recomienda que su conexión a los inversores y a los reguladores nunca supere la distancia de 1,5 m y su sección sea siempre de 25 mm² o 35 mm². Optaremos por la de **35 mm²** pues es más segura.

También se recomienda para la conexión de las baterías entre sí, una sección de 50 mm², valor que puede parecer exagerado pero es de vital importancia para garantizar el correcto funcionamiento de las mismas.

3.4.8.1.2 Corriente alterna

Para el cálculo de la sección necesaria de los inversores a los diferentes receptores, es necesario saber cuál será la distancia máxima de los receptores, algo difícil de estimar, pero para el cálculo más restrictivo, se tomará la distancia más lejana posible, contando con que el colegio tiene una distancia de 45 metros de longitud, estimaremos unos 50 metros de distancia máxima. Además, debemos tener en cuenta también la potencia del inversor, el voltaje a la salida de 230 V y su caída de tensión del 3% (6,9 V).

Se realizará el siguiente cálculo. (Todos los datos han sido extraídos de la ficha técnica)

$$\cos \varphi_{\text{inversor}} = \frac{KW}{KVA} = \frac{6,5}{8} = 0,81$$

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia inversor (W)}}{\text{Voltaje salida (V)} \times \cos \varphi}$$

$$34,89 \text{ A} = \frac{6500 \text{ W}}{230 \text{ V} \times 0,81}$$

Redondearemos a 35 A para mayor seguridad, y la sección necesaria del cable será:

$$S = \frac{2 \times 50 \text{ m} \times 35 \text{ A}}{6,9 \text{ V} \times 56 \text{ m}/\Omega\text{mm}^2} = \mathbf{9,058 \text{ mm}^2}$$

Utilizaremos entonces una sección de **10 mm²** para el cableado a los receptores, y con el aislamiento de XLPE todos los cables de cobre de esta sección pueden soportar más de 35 A de intensidad.

3.4.8.2 Puesta a tierra

Según dicta la instrucción técnica ITC-BT-18: “La puesta o conexión a tierra es la unión eléctrica directa, sin fusibles ni protección alguna, de una parte del circuito eléctrico o de una parte conductora no perteneciente al mismo mediante una toma de tierra con un electrodo o grupos de electrodos enterrados en el suelo.”

La conexión a tierra se realizará siguiendo la norma UNE 21.022, que para conductores de cobre serán de clase 2.

De todas formas, el colegio ya contaba con una instalación eléctrica la cual tenía una puesta a tierra, siendo posible la utilización de la misma para nuestra instalación.

Se recomienda enterrar las picas a una profundidad no menor de 0,5 metros. Los marcos metálicos de las placas y los soportes necesitan además su propia puesta a tierra para garantizar la seguridad y protección de las personas.

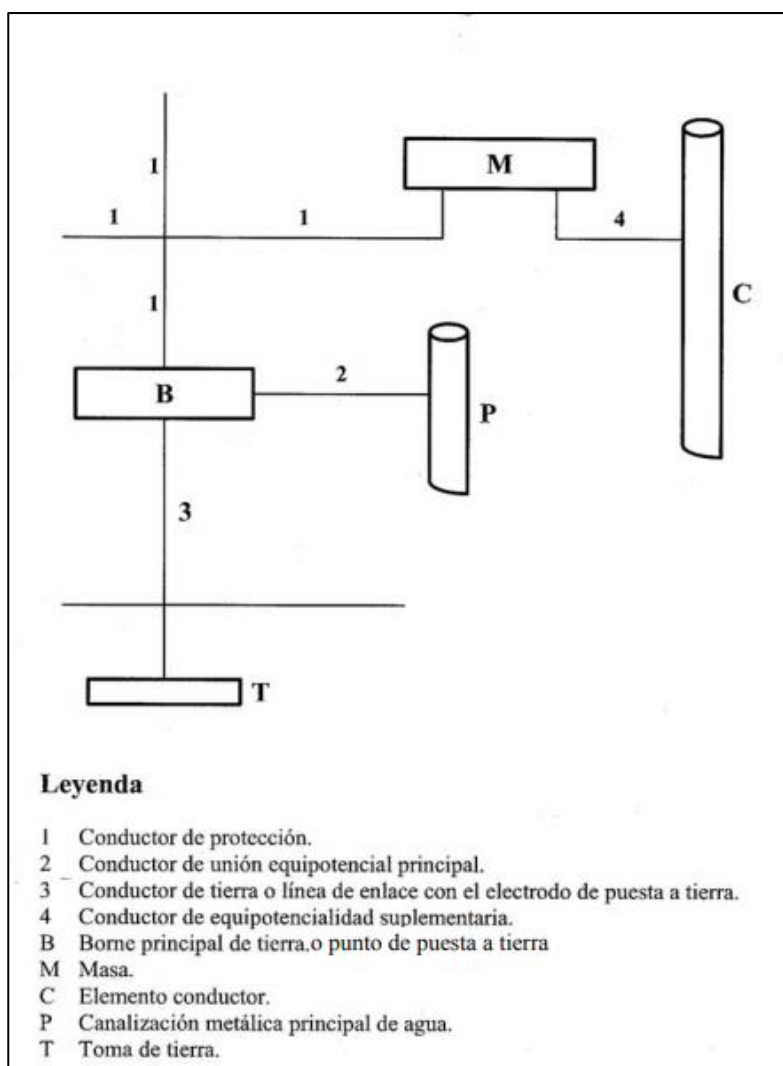


Figura 51. Esquema extraído de la ITC-BT-18 de una conexión a tierra

3.4.8.3 Protecciones

En cuanto a las protecciones de la instalación, se utilizarán para la parte de corriente continua fusibles, un elemento que protege la instalación de sobrecorrientes.

Los fusibles se colocarán en el tramo de unión entre los paneles fotovoltaicos y los reguladores, la intensidad nominal del cual debe seguir la siguiente relación.

$$I_b \leq I_n \leq 0,9 \times I_{rmax}$$

Siendo,

I_b – Intensidad del tramo

I_n – Intensidad nominal del fusible

I_{rmax} – Intensidad máxima del conductor

$$61.88 A \leq I_n \leq 0,9 \times 97 A$$

$$61.88 A \leq I_n \leq 87.3 A$$

Al ser un valor tan ajustado, se elige un fusible de 80 A de intensidad nominal, que soporta hasta 700 V de tensión. La tensión será de 24 V, por lo que el fusible cumplirá perfectamente con su función de protección.



Figura 52. Fusible seleccionado

Para la parte de corriente alterna, se utilizarán interruptores magnetotérmicos y un interruptor diferencial, se usarán los mismos de la instalación eléctrica anterior del colegio, puesto que cumplen con los requisitos del inversor.

Ambos tendrán un calibre de 50 A y el diferencial una sensibilidad típica de 30mA.

DOCUMENTO 2: Estudio económico

1. PRESUPUESTO

Para el presupuesto de la instalación, se calcularán todos los precios de los diferentes componentes y servicios SIN IVA, el cual se añadirá al final de cada bloque de precios.

La metodología a seguir ha sido comparar varios precios de diferentes fabricantes antes de elegir los componentes citados a lo largo de la memoria descriptiva, optando siempre por los productos que ofrecían una mejor relación calidad-precio. Además, se ha hecho un trabajo de campo a través del contacto con los fabricantes preguntando por presupuestos ajustados, ya que al hacer pedidos más grandes existe la posibilidad de obtener algo de descuento en los componentes.

1.1 Precio material fotovoltaico

El estudio del precio de los componentes se ha realizado en la web de Autosolar, que cuenta con unos precios de mercado excelentes. Todos los precios están calculados sin el IVA, que se añadirá posteriormente. A estos precios, tras el contacto con el proveedor, se le ha aplicado un 15% de descuento debido al tamaño del pedido.

Elemento	Unidades	Precio por unidad (€)	Precio total (€)
Panel solar 340W 24V policristalino ERA	210	99,25	20842,5
Regulador MPPT 250V 85A LCD 12/24/48V	3	435	1305
Inversor Victron Quattro 15000VA 48V 200+100A	3	4112,2	12336,6
Batería estacionaria OPzS 3000 2V 4620Ah (C120) SUNLIGHT	192	708,62	136055,04
Estructura suelo 30 Panel FV925 XL 24V	7	1316,89	9218,23
Total elementos fotovoltaica			179757,37

Figura 53. Tabla precios componentes fotovoltaicos

Tras aplicar el descuento del 15% el precio sumado de los componentes sin IVA queda en **152793,76 €**.

1.2 Precio cableado

Para el precio del cableado se ha tenido en cuenta los metros de cable entre los diferentes tramos del bloque de corriente continua por duplicado, ya que hará falta un cable positivo y uno negativo, todos los cables de continua son unipolares.

Para el cableado del bloque de corriente alterna, se han usado una manguera de cable trifásico.

Elemento	Metros	Precio por metro (€)	Precio total (€)
Cable RV-K 0,6/1kV Sección 50mm ²	1470	4,75	6982,5
Cable RV-K 0,6/1kV Sección 16mm ²	6	1,85	11,1
Cable RV-K 0,6/1kV Sección 1,5mm ²	20	0,5	10
Cable RV-K 0,6/1kV Sección 35mm ²	5	3,85	19,25
Manguera Cable RV-K 0,6/1kV Sección 10mm ²	100	4,4	440
Total cableado			7462,85

Figura 54. Tabla precios cableado

El total sin IVA del cableado es de **7462,85€**

Al haberse usado las protecciones de las que disponía la anterior instalación eléctrica del colegio, no es necesario el presupuesto para las protecciones.

1.3 Precio mano de obra y beneficio

En cuanto a la mano de obra, harán falta 2 operarios con conocimiento avanzado en instalaciones eléctricas de baja tensión. Los operarios los proporcionará el ayuntamiento en caso de realizarse el proyecto, pues se trata de un colegio público. Una estimación del precio de la mano de obra serían 2 semanas de trabajo a jornada laboral completa de 40 horas semanales, con un salario medio de 1200€ mensuales, el total sería de 600€ por operario, un total de **1200€** en mano de obra.

En cuanto al beneficio propio, no se suele incluir como un apartado del estudio económico del precio, normalmente suele estar incluido dentro del precio de los componentes. Pondremos un 10% del precio total de los costes en materiales como beneficio propio de ingeniería por el diseño de la instalación.

1.4 Resumen del presupuesto

BLOQUE	Precio (€)
Material fotovoltaico	152793,76
Cableado	7462,85
Mano de obra	1200
SUMA COSTES	161456,61
Beneficio	10% de los materiales (16025,66)
TOTAL PROYECTO SIN IVA	177482,27
IVA AL 21%	
TOTAL PROYECTO CON IVA	214753,55

Figura 55. Tabla resumen presupuesto

**Así pues, el coste total del proyecto fotovoltaico sería de
214.753,55€**

2. RENTABILIDAD

A continuación, debemos comprobar si el proyecto tiene un precio adecuado, para esto, calcularemos el coste del Watio pico de la instalación y lo compararemos con lo normal en este tipo de instalaciones. Además, haremos un estudio del coste de la instalación a lo largo del tiempo y veremos si la instalación es rentable.

2.1 Coste Watio pico

Para calcular el coste por Watio pico dividiremos el coste total de la instalación entre la potencia máxima instalada en placas solares, esto es una forma de ver si el precio de la instalación es desmesurado, o de si en cambio es extremadamente económica y podemos aumentar un poco el beneficio propio.

$$\text{Coste } W_{\text{pico}} = \frac{\text{Coste total instalación (€)}}{\text{Potencia pico placas (W)}} = \frac{214753,55}{71400} = \mathbf{3,01\text{€/}W_{\text{pico}}}$$

La instalación está justo en el límite del coste normal de este tipo de instalaciones, podría recortarse ligeramente el beneficio al 8% para ajustar un poco más el precio, o incluso negociar más con los proveedores pues el precio de los componentes podrían reducirlo algo más, pero en general el precio de coste del Wpico de la instalación es aceptable.

Un dato a tener en consideración sobre el coste es que en 2010 este tipo de instalaciones rondaba los 7€/Wpico es interesante ver como a lo largo de los años el coste de las instalaciones va disminuyendo, y se espera que en los próximos años el precio disminuya todavía más.

2.2 Estudio 25 años

A continuación, se calculará el precio de la instalación a lo largo del tiempo, calculando la energía en Kwh generada al año, y observando si la instalación es rentable a lo largo del tiempo. Se ha elegido el tiempo de 25 años ya que suele ser el período que dan como garantía los fabricantes, también se hará a continuación el estudio a 40 años.

Para el estudio de 25 años se ha de tener en cuenta que la vida útil de aparatos como las baterías, reguladores, inversores, etc. Está sobre los 15 años, por lo que habrá que cambiar todos estos equipos al menos una vez.

También se tendrá en cuenta como caso desfavorable una mano de obra para las labores de mantenimiento y limpieza por un precio de 3000 euros.

Por consiguiente, el estudio de 25 años de instalación queda de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Coste 25 años:} \\ &= \text{Coste inicial} + \text{Coste reguladores} + \text{Coste baterías} \\ &+ \text{Coste inversores} + \text{mano de obra} \end{aligned}$$

$$\text{Coste 25 años} = 214753,55 + 1305 + 136055,04 + 12336,6 + 3000 = \mathbf{367450,19€}$$

Para calcular los kWh generados, hay que tener en cuenta la pérdida de eficiencia de las placas solares, que el fabricante nos indica que será del 20% en 25 años.

El último dato a tener en cuenta es que para calcular la producción en un año, es necesario el dato de horas solares pico por año, que depende de la zona. En la zona de Valencia la media es de 1520 h/año.

Así pues, calcularemos los kWh generados en 25 años de esta forma:

$$\begin{aligned} kWh \text{ 25 años} &= \text{Potencia pico placas (kW)} \times \text{HSP(horas solares pico)} \\ &\times \text{eficiencia placas en 25 años} \times \text{años} \end{aligned}$$

$$kWh \text{ 25 años} = 71,4 \times 1520 \times 0,8 \times 25 = \mathbf{2170560 kWh}$$

Ahora dividiremos esta energía producida en 25 años entre el coste de la instalación para saber el precio de cada kWh y compararlo con el precio de la energía que nos proporcionan las compañías eléctricas.

$$\frac{\text{Coste}}{kWh} = \frac{\text{Coste total 25 años}}{kWh \text{ en 25 años}} = \frac{367450,19}{2170560} = \mathbf{0,169 \frac{€}{kWh}}$$

El precio del kWh de las compañías eléctricas oscila entre 0,14€/kWh y 0,17€/kWh.

Nuestro precio está en el límite superior, pero se ha de tener en cuenta que para los precios de los componentes fotovoltaicos se han tomado los valores actuales de mercado. A medida que avanza el tiempo y avanza la tecnología el precio de los equipos se va reduciendo. Incluso en el caso más desfavorable, el precio de la energía generada se encuentra en el rango, por lo que es válido.

Otro factor importante es que no toda la energía producida por la instalación es consumida por el colegio, de hecho solo una pequeña parte de la energía será para el consumo, hay excedentes de energía prácticamente todos los meses.

Los excedentes energéticos hacen que el precio calculado anteriormente no se trate de un valor real, de hecho, para calcular el valor real se ha de tomar como dato el valor de la energía consumida por el colegio durante un año, el cual podemos extraer del apartado 3.3.2 “Análisis del consumo mes a mes de la instalación” en el cual, si sumamos la energía consumida todos los meses tenemos 33955,144 kWh.

$$\text{Energía consumida real 25 años} = 33955,144 \text{ kWh} \times 25 \text{ años} = \mathbf{848878,6 \text{ kWh}}$$

El precio real sería por tanto:

$$\frac{\text{Coste}}{\text{kWh}} = \frac{\text{Coste total 25 años}}{\text{kWh en 25 años}} = \frac{367450,19}{848878,6} = \mathbf{0,43 \frac{\text{€}}{\text{kWh}}}$$

Como vemos, es más del doble del precio calculado anteriormente. Esto nos demuestra que a día de hoy, las instalaciones solares no son todavía del todo rentable, puesto que no se aprovecha toda la energía producida. Aun así, a medida que avanza el tiempo estas instalaciones van siendo cada vez más rentables.

El aprovechamiento de la energía producida es del:

$$\text{Aprovechamiento energía (\%)} = \frac{\text{Energía consumida (kWh)}}{\text{Energía producida (kWh)}} = \frac{848878,6}{2170560} \approx \mathbf{40\%}$$

Solamente el 40% de la energía que se produce es aprovechada para su consumo.

2.3 Estudio 45 años

Para el estudio a 45 años el procedimiento será análogo, solo que los equipos habrá que cambiarlos 2 veces. Las placas solares no es necesario cambiarlas, puesto que la vida útil de las placas supera el valor de los 45 años.

$$\begin{aligned} \text{Coste 45 años:} \\ &= \text{Coste 25 años} + \text{Coste reguladores} + \text{Coste baterías} \\ &+ \text{Coste inversores} + \text{mano de obra} \end{aligned}$$

$$\text{Coste 45 años} = 367450,19 + 1305 + 136055,04 + 12336,6 = \mathbf{517146,83\text{€}}$$

En el caso de 40 años, suponemos unas pérdidas del 30% en los módulos fotovoltaicos, es un valor elevado, pero se hará de esta manera para tener en cuenta el peor caso posible.

$$kWh \text{ 45 años} = \text{Potencia pico placas (kW)} \times \text{HSP(horas solares pico)} \\ \times \text{eficiencia placas en 45 años} \times \text{años}$$

$$kWh \text{ 45 años} = 71,4 \times 1520 \times 0,7 \times 45 = \mathbf{3418632 kWh}$$

El coste del kWh generado en 40 años sería entonces:

$$\frac{\text{Coste}}{kWh} = \frac{\text{Coste total 45 años}}{kWh \text{ en 45 años}} = \frac{517146,83}{3418632} = \mathbf{0,15 \frac{\text{€}}{kWh}}$$

Como se observa, el coste del kWh no disminuye, esto se debe a que la parte más costosa de la instalación, las baterías, han de ser sustituidas 2 veces en 40 años. Además, se ha tomado el precio actual de las baterías.

En conclusión, actualmente las instalaciones fotovoltaicas autosuficientes no presentan una rentabilidad sustancial, pero analizando el avance del campo de la energía renovable fotovoltaica, estamos en el punto de inflexión a partir del cual estas instalaciones empezarán a adquirir una mayor rentabilidad a lo largo que avanza el tiempo.

DOCUMENTO 3: Pliego de condiciones

1. CONDICIONES GENERALES

La instalación cumple con el grado de protecciones y seguridad a las personas y los equipos, dispuesto en el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y en el pliego de condiciones de toda instalación fotovoltaica aislada de la red eléctrica del IDAE.

Para cumplir con este requisito, en todos los equipos hay como mínimo un grado de aislamiento eléctrico básico de clase I.

Los elementos a la intemperie están protegidos contra agentes ambientales, como la radiación y la humedad, con un grado mínimo de protección IP65. Los de interior, deben contar con una protección IP20 como mínimo.

Esta instalación cumple con todas las protecciones necesarias de protección de la instalación contra cortocircuitos, sobrecargas y sobreintensidades.

Todos los indicadores y etiquetas están como mínimo en una de las lenguas españolas oficiales en la comunidad valenciana, castellano o valenciano.

1.1 Generadores fotovoltaicos

Todas las placas fotovoltaicas cumplen con las especificaciones de las normas UNE-EN 61215 sobre módulos de silicio cristalino.

Su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales están comprendidas en el margen del +-5% de los valores nominales.

Al ser la tensión nominal en continua mayor de 48 V, las estructuras de los generadores y los marcos metálicos están conectados a una toma de tierra.

Los módulos llevan de forma visible el nombre del fabricante o el modelo que permita su identificación individual.

Todos los módulos llevan diodos de derivación y cumplen con el grado de protección IP65.

Las características de los módulos son:

ERA Módulo Policristalino 72 células	
Potencia máxima	350,2 W
Voltaje circuito abierto	46,4 V
Voltaje máxima potencia	38,5 V
Intensidad máxima potencia	8,84 A
Eficiencia módulo	17,5%
Grado de protección	IP68
Clase protección eléctrica	Clase 2
Voltaje nominal	24 V
Rango de temperatura operativa	-40°C a +85°C
Dimensiones	1956x990x40 mm
Peso	20,9 kg

Figura 56. Características placa solar

1.2 Estructura de soporte

Las estructuras de los soportes están configuradas como se describe en la memoria y se ilustra en los planos.

Se colocarán hacia el sur geográfico a un ángulo de 60º totales sumando el terreno y la estructura.

Las filas de estructuras estarán separadas por una distancia de 5 metros cumpliendo así el espacio necesario para no hacer sombra entre ellas, y permitiendo el acceso para tareas de mantenimiento y limpieza.

Estructura FV925XL SUNFER	
Inclinación	50º
Dimensiones	2000x1000 mm
Condiciones nieve	UNE-EN 1991-1-3:2004
Condiciones viento	UNE-EN 1991-1-4:2007
Material	Aluminio EN AW 6005ª T6
Tornillería	Tornillería acero inoxidable

Figura 57. Características soporte

1.3 Acumuladores de plomo-ácido

Las baterías cumplen con las regulaciones normativas del pliego de condiciones del IDAE.

Las baterías elegidas son baterías de plomo-ácido estacionarias de 2V. Están protegidas frente a sobrecargas. La profundidad de descarga máxima es del 70%.

Las baterías estarán situadas en una sala con acceso restringido dentro del colegio, con ventilación a través de ventanas.

Batería 24 RES OPzS 2V 4620Ah SUNLIGHT	
Voltaje	2 V
Capacidad C120 (20° C)	4620 Ah
Longitud	576 mm
Anchura	212 mm
Altura	800 mm
Certificación de seguridad	IEC 62485-2, IEC 61427, IEC 60896-11
Certificación	ISO 9001, ISO 14001, BS OHSAS 18001
Corriente cortocircuito	19250 A
Peso	229.8

Figura 58. Características baterías

1.4 Reguladores de carga

Los reguladores protegen las baterías contra sobredescargas y sobrecargas.

Los reguladores cumplen con los requisitos de caídas internas de tensión entre terminales de generador y acumulador, y terminales de batería y consumo.

Regulador SR-MC4885N25	
Voltaje máximo de entrada fotovoltaica	250 V
Consumo de potencia estático	0,54 W
Corriente de carga	85 A
Grado de protección	IP32
Dimensiones	314x227x121 mm
Peso	5,7 kg
Rango de temperatura operativa	-35°C a 60°C

Figura 59. Características reguladores

Los reguladores tienen tensiones de reconexión de sobrecarga y sobredescarga distintas para evitar oscilaciones entre desconexión y reconexión.

1.5 Inversores

Los inversores son de onda senoidal pura. Son capaces de entregar la potencia nominal de forma continuada dentro del margen de temperatura ambiente especificado por el fabricante.

Los inversores están protegidos frente a tensiones de entrada fuera del margen operativo, desconexiones del acumulador, cortocircuitos en la salida de corriente alterna y sobrecargas que excedan el límite permitido.

El consumo de los inversores sin carga conectada es menor al 2% de sus potencias nominales de salida. El rendimiento de los inversores máximo es del 96%.

Inversor Quattro 48V 15000 VA	
Potencia nominal	12 kW
Voltaje DC	38 V a 66 V
Voltaje AC	230 V
Grado de protección carcasa	IP21
Factor de potencia	1
Pico de potencia	25 kW
Consumo en vacío	110 W
Peso	72 kg
Altura	572 mm
Anchura	488 mm
Grosor	344

Figura 60. Características inversores

1.6 Cableado, protecciones y puesta a tierra

El cableado cumple con los requisitos establecidos por el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, y estos requisitos se han tenido en cuenta a la hora de su diseño, cumplen con las normas UNE establecidas en cuanto a los tipos de instalación, de aislamiento y de sección. Todos los conductores cuentan con una caída de tensión igual o inferior al 3%.

En el diseño del cableado se han especificado longitudes y secciones para los diferentes tramos, y su cumplimiento con los límites establecidos por la normativa.

Tanto la instalación de corriente continua como la de corriente alterna cuentan con protecciones de las personas y frente a contactos directos e indirectos. La entrada de los reguladores está protegida por fusibles, y a la salida de los inversores hay interruptores magnetotérmicos y diferenciales que cumplen con la normativa de calibre y sensibilidad.

Los generadores fotovoltaicos y sus marcos y soportes tienen su propia puesta a tierra, así como la salida de los inversores, que cumplen con la normativa vigente.

DOCUMENTO 4: Planos



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Proyecto: **INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA PARA COLEGIO DE PRIMARIA**

Plano: **Plano de stiuación del colegio**
 Autor: **Abel Cueto Toledo**


Fecha: **Septiembre 2020**
 Escala: **1:30000**

Nº Plano: **1**



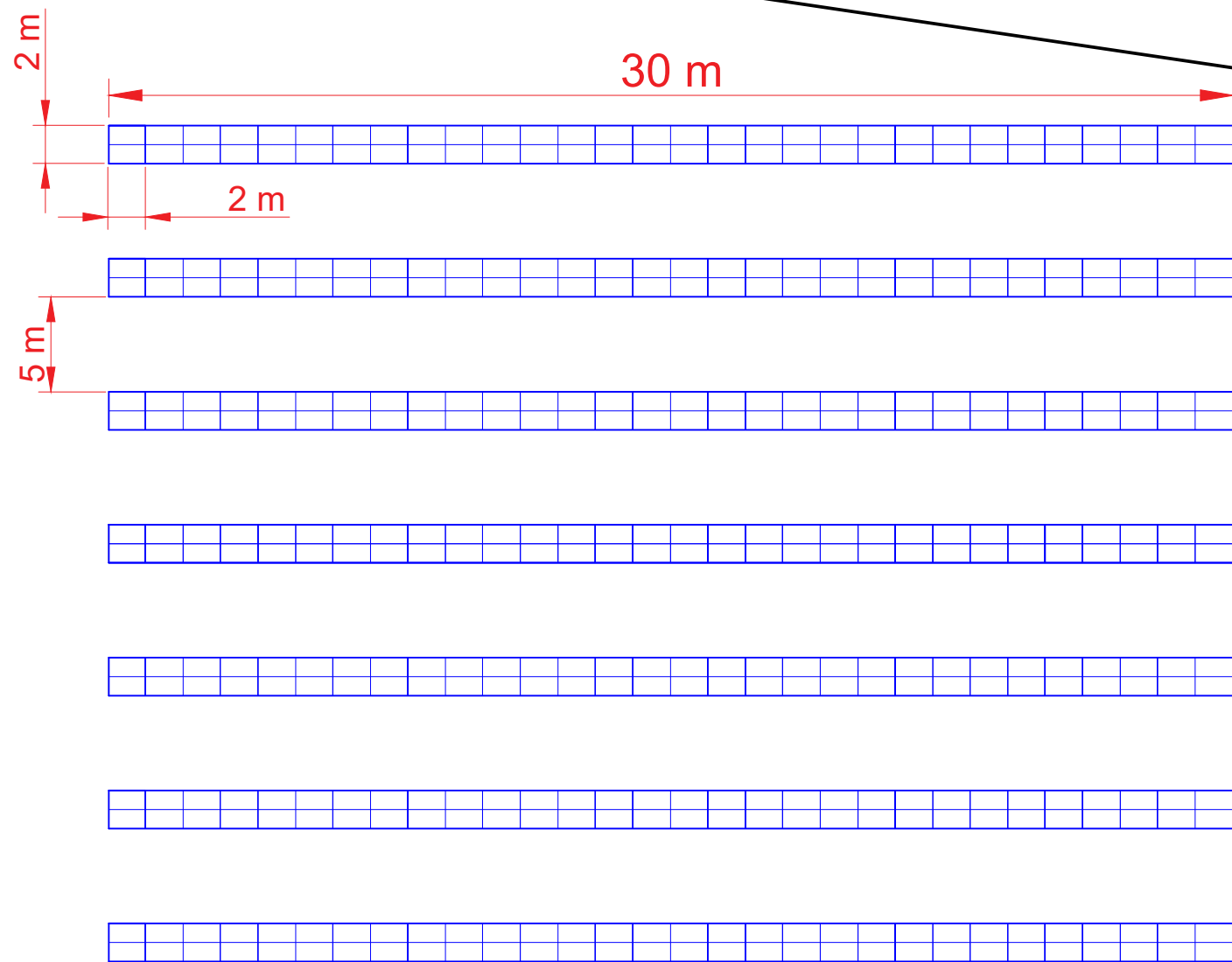
CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</p> 	<p>Proyecto: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA PARA COLEGIO DE PRIMARIA</p>	<p>Plano: Plano de emplazamiento del colegio</p> <p>Autor: Abel Cueto Toledo</p>	<p>Fecha: Septiembre 2020</p> <p>Escala: 1:2000</p> <p>Nº Plano: 2</p>
--	---	--	---

Patio del colegio

Camino Viñes del Marqués



Acceso

Arbolada

Huerto de cultivo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO



Proyecto: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA PARA COLEGIO DE PRIMARIA

Plano: Distribución placas solares

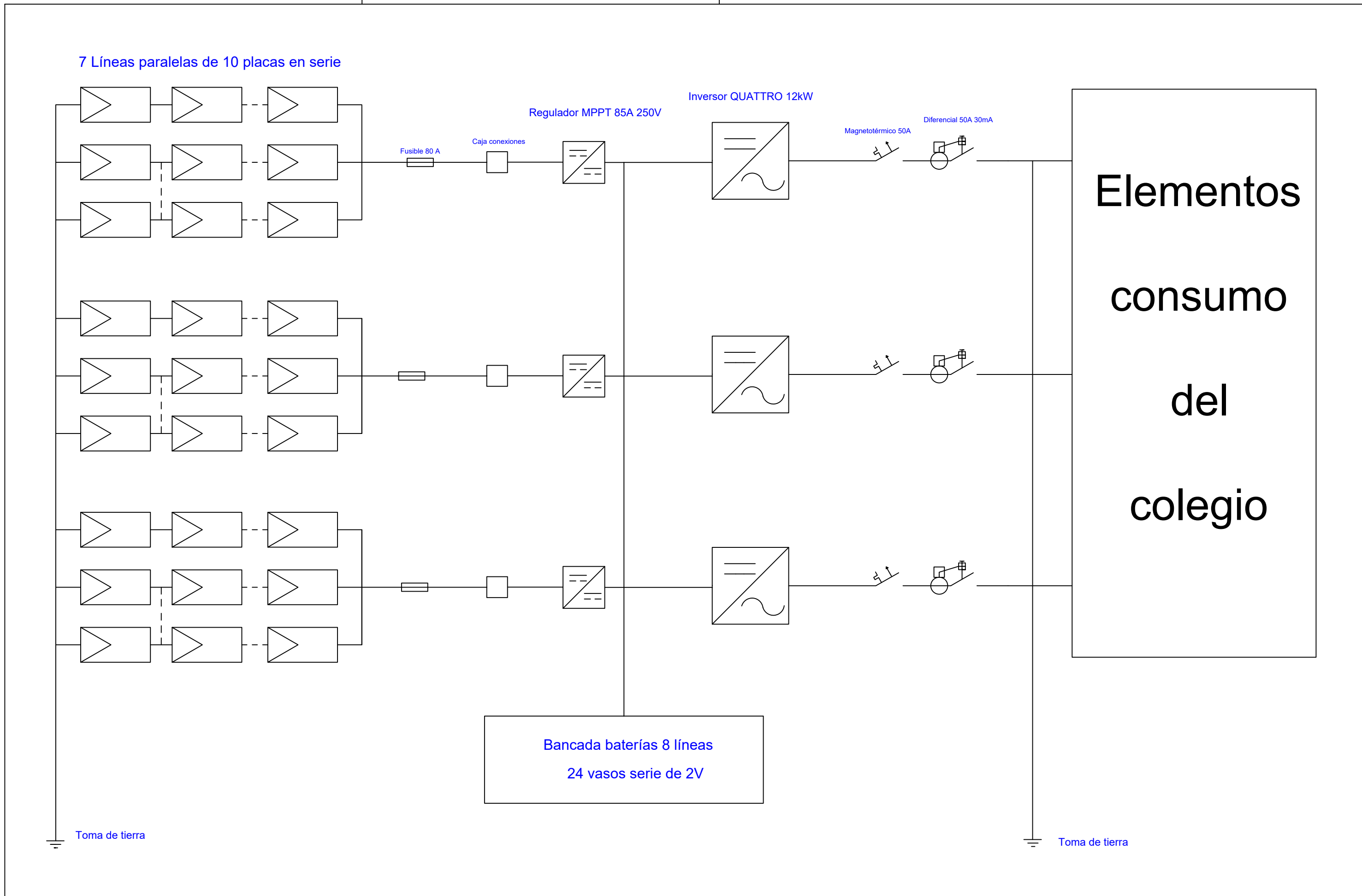
Autor: Abel Cueto Toledo

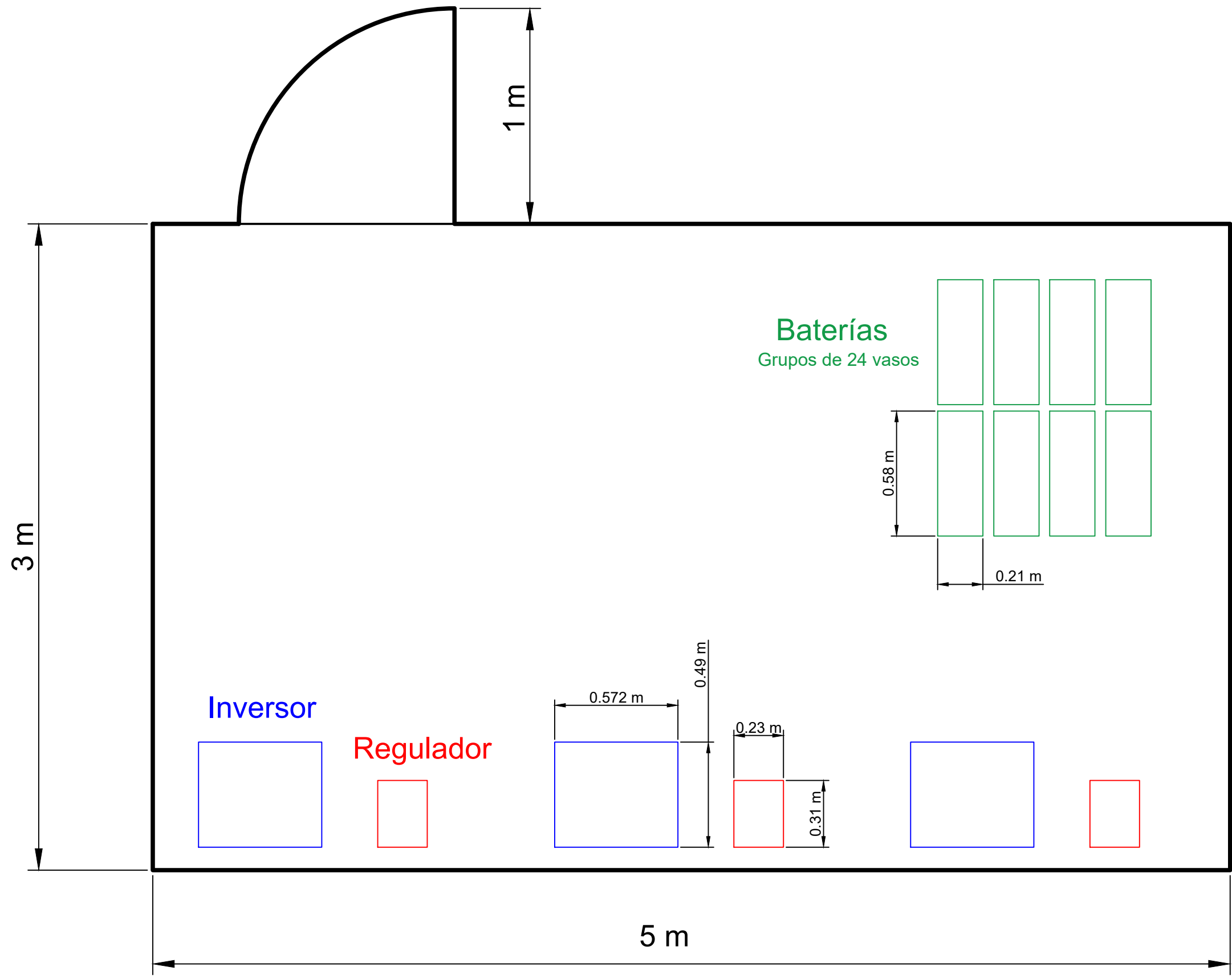
Fecha: Septiembre 2020

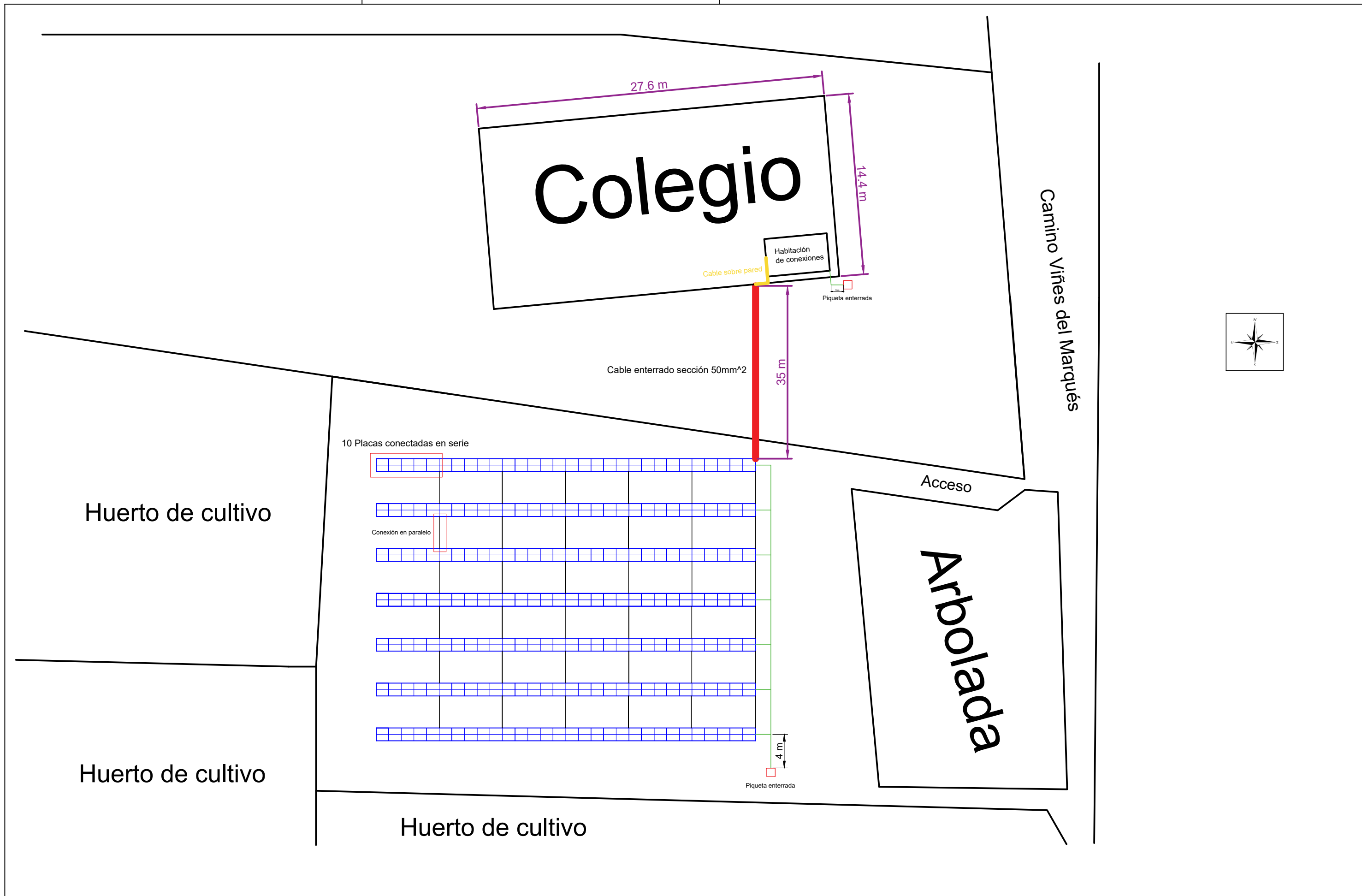
Escala: 1:250

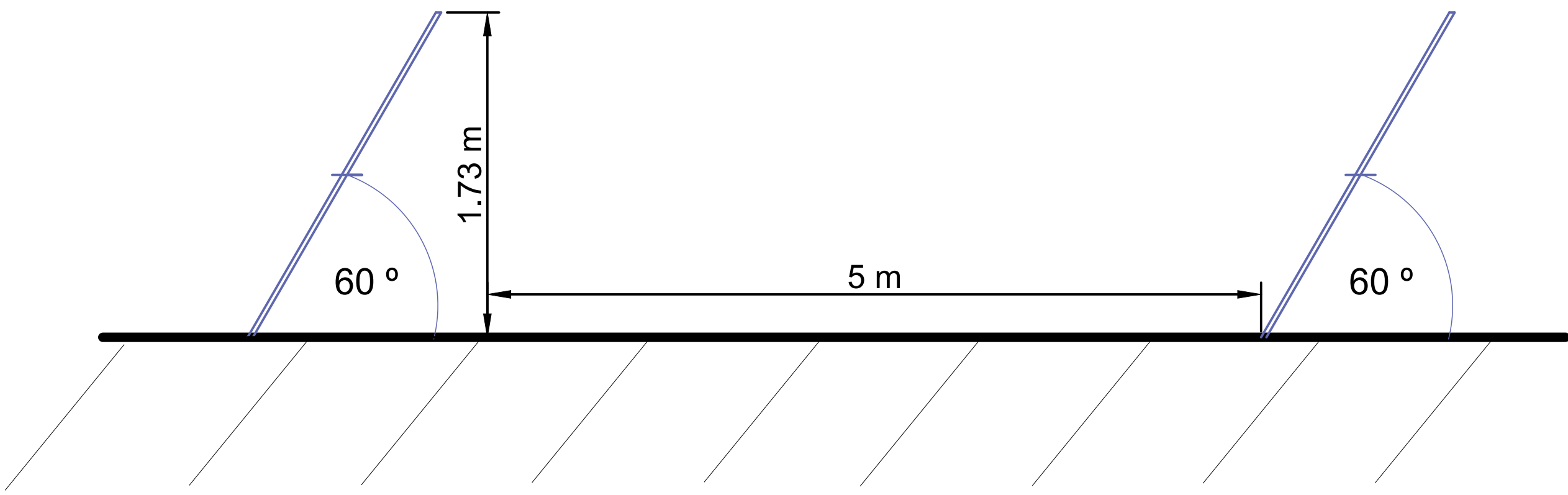
Nº Plano:

3







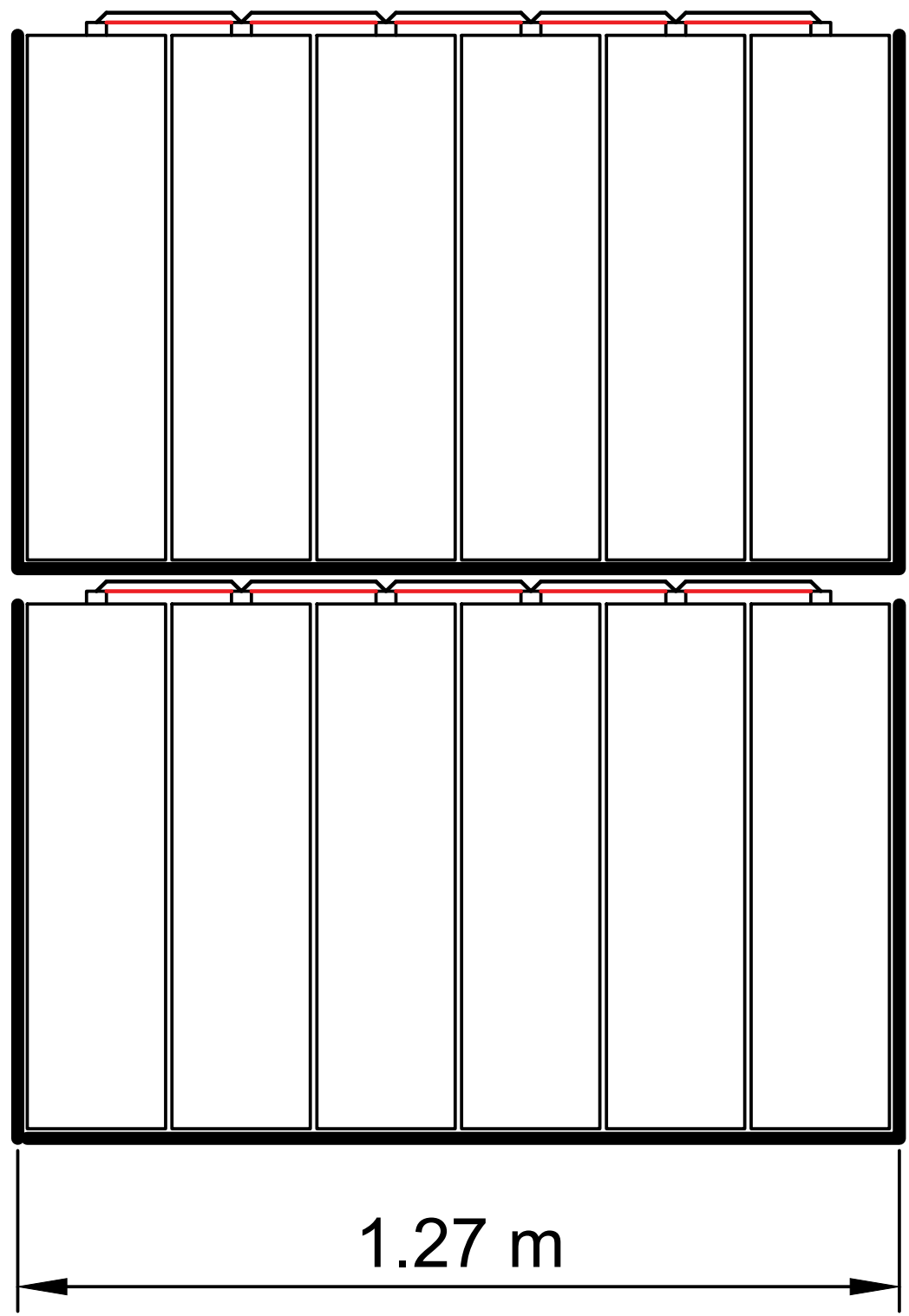




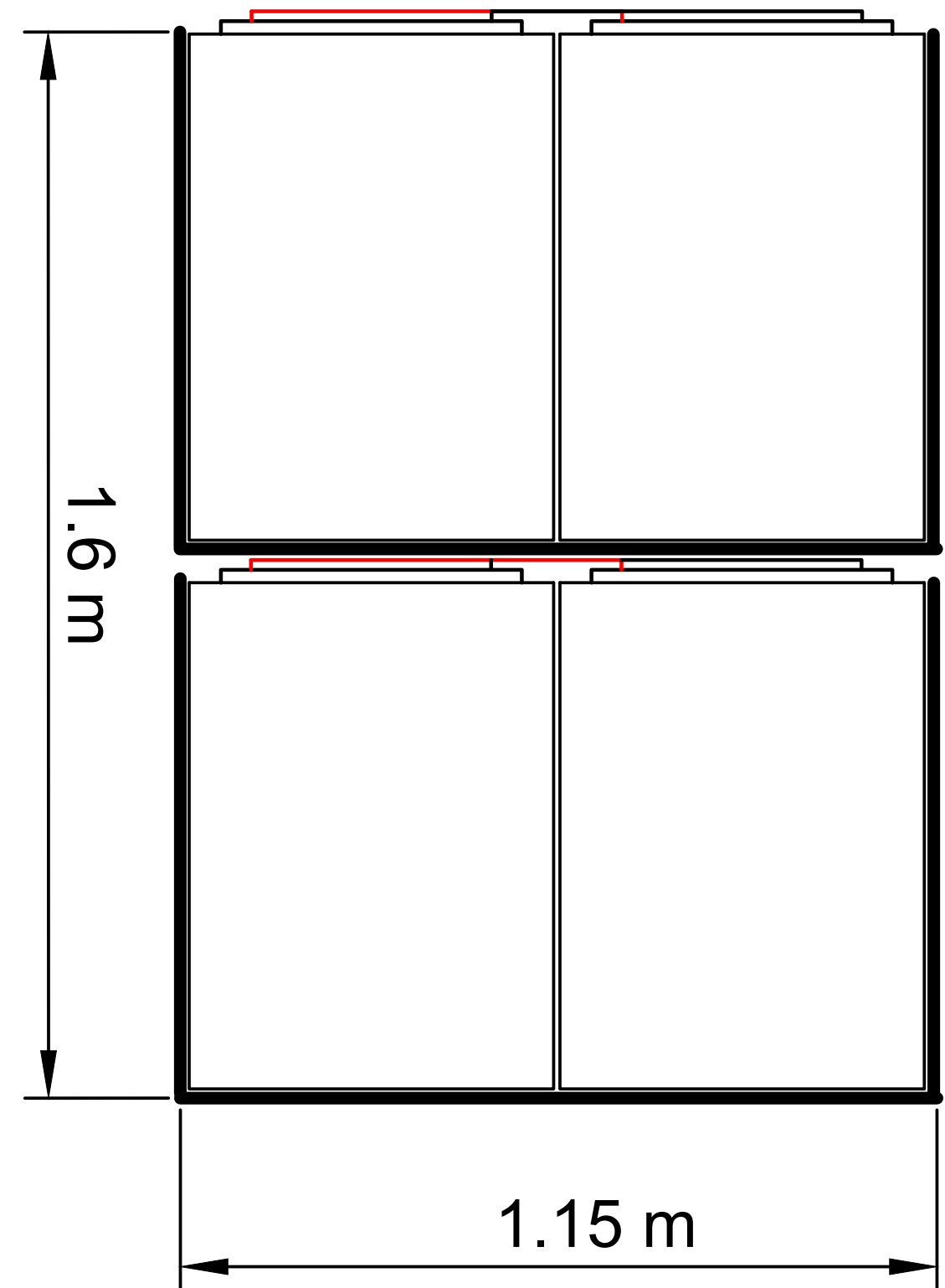
Suelo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO  	Proyecto: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA PARA COLEGIO DE PRIMARIA	Plano: Distancia entre placas e inclinación	Fecha: Septiembre 2020	Nº Plano: 7
		Autor: Abel Cueto Toledo	Escala: 1:25	

Alzado



Perfil



CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

CREADO CON UNA VERSION PARA ESTUDIANTES DE AUTODESK

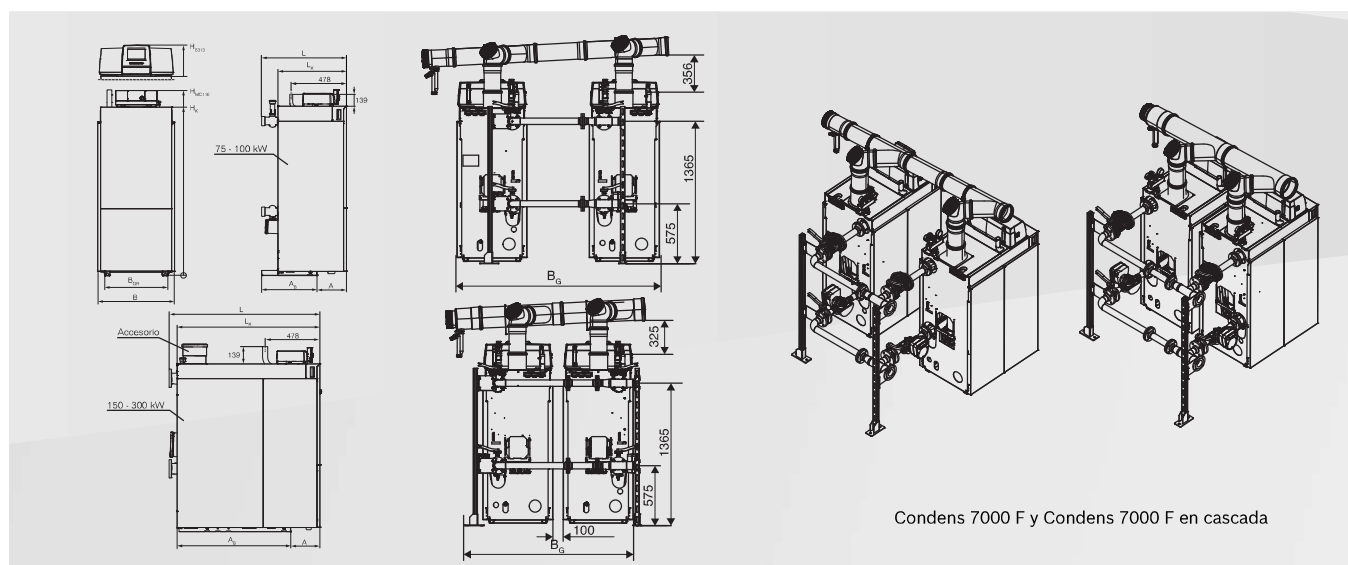
<p>UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO</p>	<p>Proyecto: INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA AISLADA DE LA RED ELÉCTRICA PARA COLEGIO DE PRIMARIA</p>	<p>Plano: Distribución de 24 vasos de baterías conectados en serie</p>	<p>Fecha: Septiembre 2020</p>	<p>Nº Plano: 8</p>
		<p>Autor: Abel Cueto Toledo</p>	<p>Escala: 1:10</p>	

ANEXO I

Fichas técnicas

Datos técnicos Condens 7000 F

Condens 7000 F							
Características		75 kW	100 kW	150 kW	200 kW	250 kW	300 kW
Grado de utilización normativo a 40/30 °C	%	109,3	109,1	109,4	109,4	109,4	109,4
Potencia térmica máxima (50/30 °C)	kW	79	101	152	205	256	304
Potencia térmica máxima (80/60 °C)	kW	71	93	138	186	240	282
Potencia térmica nominal total	kW	75	96	144	194	243	288
Temperatura inicial máxima (con MX25)	°C	85	85	85	85	85	85
Presión de servicio permitida	bar	6	6	6	6	6	6
Consumo máximo de potencia eléctrica	W	85	155	260	271	300	353
Avance y retroceso de calefacción	Pulgadas	2	2	DN 50	DN 65	DN 65	DN 65
Contenido de agua	l	18,2	18,2	23,4	33,6	38,8	44
Conexión de gas	Pulgadas	R 3/4	R3/4	R11/44	R11/4	R11/4	R11/4
Conexión de gases de escape	Ø mm	110	110	160	200	200	200
Conexión de suministro de aire	Ø mm	110	110	110	160	160	160
Temperatura de gases de escape (retorno de 60°C)	°C	64	68	66	66	67	68
Resistencia al agua en ΔT 15 K	mbar	25	50	50	50	50	50
Presión de transporte de ventilación de salida/suministro	Pa	150	150	150	150	150	150
Peso neto	kg	124	124	180	210	240	272
Peso para transporte	kg	90	90	117	139	158	178
Dimensiones del equipo							
Alto	mm	1470	1470	1470	1470	1470	1470
Ancho	mm	670	670	670	670	670	670
Fondo	mm	700	700	1048	1318	1318	1318
Altura con regulación 8000	H ₈₃₁₃	mm	240	240	240	240	240
Altura con regulación MX25	H _{MX25}	mm	142	142	142	142	142
Fondo de caldera con carcasas y conexiones hidráulicas	L	mm	736	736	914	1317	1317
Fondo de caldera	L _k	mm	594	594	845	1250	1250
Distancia	A	mm	255	255	255	255	255
Anchura de caldera con carcasa	B	mm	670	670	670	670	670
Anchura de la base	B _{GB}	mm	550	550	550	550	550



ESPMC

Polycrystalline Solar Module

KEY FEATURES

- 5 Busbar Solar Cell:**
 5 busbar solar cell adopts new technology to improve the efficiency of modules, offers a better aesthetic appearance, making it perfect for rooftop installation.
- High Power Output:**
 Polycrystalline 72-cell module achieves a power output up to 340Wp.
- Low-light Performance:**
 Advanced glass and surface texturing allow for excellent performance in low-light environments.
- Reliable Warranty:**
 10 years' product warranty.
 Power warranty of 90% up to 10 years and 80% up to 25 years.



WATTS POSITIVE TOLERANCE



12 YEARS PRODUCT WARRANTY



10 YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 90%



25 YEARS PERFORMANCE GUARANTEE 80%

POLYCRYSTALLINE, 72-CELL SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Module type: ESPMC	340
Maximum Power(Wp)	340W
Open circuit Voltage(Voc)	46.4V
Short circuit Current(Isc)	9.45A
Maximum Power Voltage(Vm)	38.5V
Maximum Power Current(Im)	8.84A
Module efficiency	17.5%
Maximum Series Fuse	15A
Watts positive tolerance	0~+3%
Number of Diode	3
Standard Test Conditions	1000W/M ² ,25°C,AM1.5
Maximum System Voltage	1000V/DC
Temperature-Coefficient Isc	+0.08558%/°C
Temperature-Coefficient Uoc	-0.29506%/°C
Temperature-Coefficient Pmpp	-0.38001%/°C
Normal Operating Cell Temperature	-40°C...+85°C
Load Capacity for the cover of the module (glass)	5400Pa(IEC61215)(snow)
Load Capacity for the front & back of the module	2400Pa(IEC61215)(wind)
Product Certificate	TUV(IEC 61215,IEC 61730),CE, ROHS,PID Resistant,INMETRO
Company Certificate	ISO9001,ISO14001,ISO18001

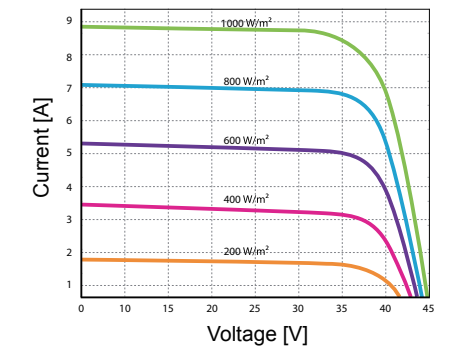
MECHANICAL CHARACTERISTICS

Front cover (material / thickness)	low-iron tempered glass / 3.2mm
Backsheet (color)	TPT in white
Cell (quantity / material / dimensions)	72 / Polycrystalline silicon / 156.75x156.75mm
Frame (material / color)	aluminum hollow-chamber frame on each side anodized aluminum alloy / silver
Junction box (protection degree)	> IP68
Cables & Plug connectors	2x900mm / 4mm ² & MC4 compatible
Module Dimensions (L / W / H)	1956x992x40mm
Module Weight	20.9kg
Application class	Class A
Electrical protection class	Class II
Fire safety class	Class C

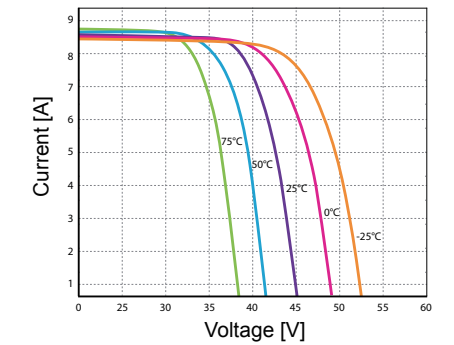
PACKING

Container Size	Units/Pallet (PCS)	Weight/Pallet (KG)	Pallet Measurement (mm)	Units/Container (PCS)
20GP	26	570	2000x1130x1120	260
40HQ	26	570	2000x1130x1120	627
	31	676	2000x1130x1340	

CURRENT-VOLTAGE CURVES:

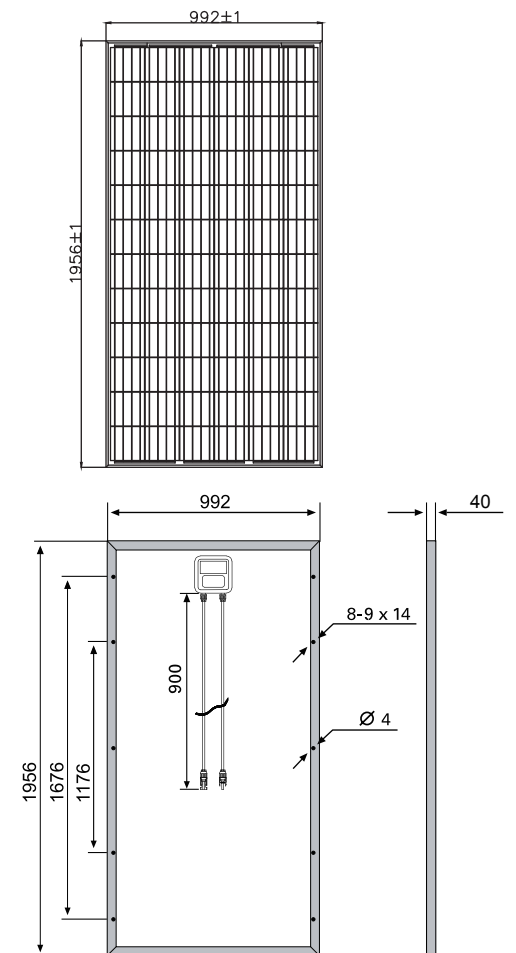


Module characteristics at constant module temperatures (25°C) and different levels of irradiance.



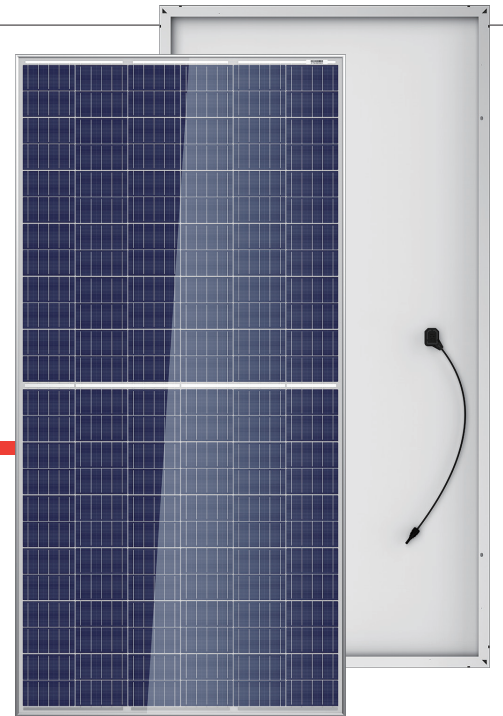
Module characteristics at different module temperatures and constant module irradiance (1.000 W/m²).

MODULE DIMENSIONS:



THE TALLMAX

FRAMED 72 LAYOUT MODULE



72 LAYOUT
MULTICRYSTALLINE MODULE

340-355W
POWER OUTPUT RANGE

17.5%
MAXIMUM EFFICIENCY

0~+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

PRODUCTS | POWER RANGE
TSM-PE15H | 340-355W



Ideal for large scale installations

- Reduce BOS cost with higher power bin and 1500V system voltage



Half-cell design brings higher efficiency

- Low cell connection power losses due to half-cell layout(144 multicrystalline)
- Low thermal coefficients for greater energy production at high operating temperature



Highly reliable due to stringent quality control

- Over 30 in-house tests (UV, TC, HF etc)
- Internal test requirement of Trina more stringent than certification authority
- PID resistant
- 100% EL double inspection



Certified to withstand the most challenging environmental conditions

- 2400 Pa negative load
- 5400 Pa positive load
- * 2400/5400 is the measured load, and the safety factor is 1.5 times

Founded in 1997, Trina Solar is the world's leading total solution provider for solar energy. With local presence around the globe, Trina Solar is able to provide exceptional service to each customer in each market and deliver our innovative, reliable products with the backing of Trina as a strong, bankable brand. Trina Solar now distributes its PV products to over 100 countries all over the world. We are committed to building strategic, mutually beneficial collaborations with installers, developers, distributors and other partners in driving smart energy together.

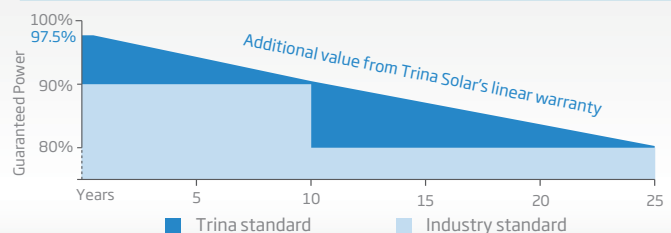
Comprehensive Products and System Certificates

IEC61215/IEC61730/UL1703/IEC61701/IEC62716
ISO 9001: Quality Management System
ISO 14001: Environmental Management System
ISO14064: Greenhouse Gases Emissions Verification
OHSAS 18001: Occupation Health and Safety Management System

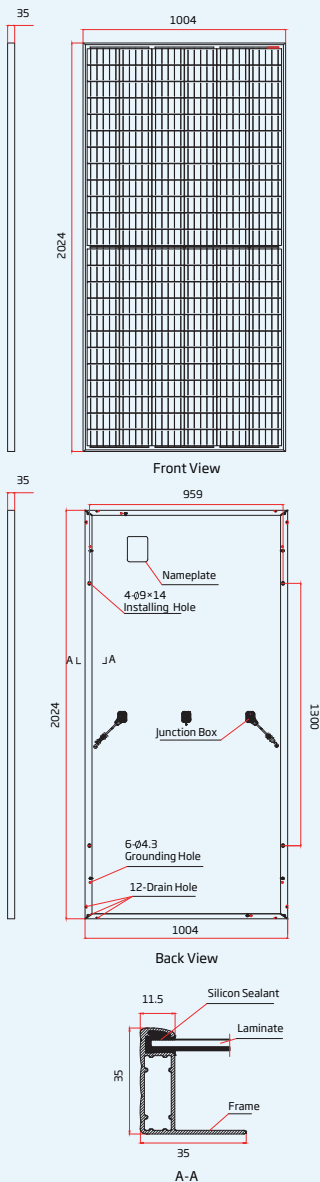


LINEAR PERFORMANCE WARRANTY

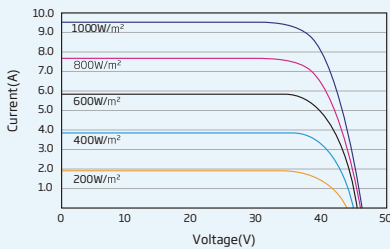
10 Year Product Warranty · 25 Year Linear Power Warranty



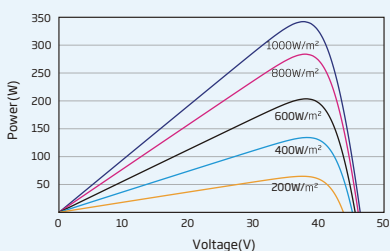
DIMENSIONS OF PV MODULE(mm)



I-V CURVES OF PV MODULE(345W)



P-V CURVES OF PV MODULE(345W)



ELECTRICAL DATA (STC)

Peak Power Watts-PMAX (Wp)*	340	345	350	355
Power Output Tolerance-PMAX (W)	0 ~ +5			
Maximum Power Voltage-VMPP (V)	37.5	37.7	37.9	38.1
Maximum Power Current-IMPP (A)	9.06	9.15	9.23	9.32
Open Circuit Voltage-VOC (V)	46.2	46.4	46.7	47.0
Short Circuit Current-ISC (A)	9.53	9.62	9.71	9.81
Module Efficiency η_m (%)	16.7	17.0	17.2	17.5

STC: Irradiance 1000W/m², Cell Temperature 25°C, Air Mass AM1.5.
 *Measuring tolerance: ±3%.

ELECTRICAL DATA (NMOT)

Maximum Power-PMAX (Wp)	257	261	265	269
Maximum Power Voltage-VMPP (V)	35.5	35.7	35.9	36.1
Maximum Power Current-IMPP (A)	7.24	7.31	7.37	7.45
Open Circuit Voltage-VOC (V)	43.5	43.7	44.0	44.2
Short Circuit Current-ISC (A)	7.69	7.76	7.83	7.91

NMOT: Irradiance at 800W/m², Ambient Temperature 20°C, Wind Speed 1m/s.

MECHANICAL DATA

Solar Cells	Multicrystalline
Cell Orientation	144 cells (6 × 24)
Module Dimensions	2024 × 1004 × 35 mm (79.69 × 39.53 × 1.38 inches)
Weight	22.8kg (50.3lb)
Glass	3.2 mm (0.13 inches), High Transmission, AR Coated Heat Strengthened Glass
Encapsulant Material	EVA
Backsheet	White
Frame	35 mm (1.38inches) Anodized Aluminium Alloy
J-Box	IP 68 rated
Cables	Photovoltaic Technology Cable 4.0mm ² (0.006 inches ²), Portrait: N 140mm/P 285mm(5.51/11.22inches) Landscape: N 1400 mm /P 1400 mm (55.12/55.12 inches)
Connector	MC4 EVO2/TS4

TEMPERATURE RATINGS

NMOT (Nominal Module Operating Temperature)	41°C (±3°C)
Temperature Coefficient of P _{MAX}	-0.38%/°C
Temperature Coefficient of V _{OC}	-0.31%/°C
Temperature Coefficient of I _{SC}	0.05%/°C

MAXIMUM RATINGS

Operational Temperature	-40~+85°C
Maximum System Voltage	1500V DC (IEC) 1500V DC (UL)
Max Series Fuse Rating	20A

(Do not connect Fuse in Combiner Box with two or more strings in parallel connection)

WARRANTY

10 year Product Workmanship Warranty
25 year Linear Power Warranty

(Please refer to product warranty for details)

PACKAGING CONFIGURATION

Modules per box: 30 pieces
Modules per 40' container: 660 pieces

MPPT Solar Charge Controller

MC4885N15/MC48100N15/MC4885N25/MC48100N25

Product Accessories

RM-7 display, USB to TTL cable, BTS temperature sensor.



Product Characteristics



30% higher than PWM mode.



PV short-circuit protection, charge over-current protection.



Rs485 Modbus protocol
Built-in bluetooth module.



12/24V/36/48V identification.



Historical data storage.



MPPT tracking efficiency is up to 99.9%.



Built-in temperature detection.



Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries.



Current-limiting charging mode.

Product Parameters

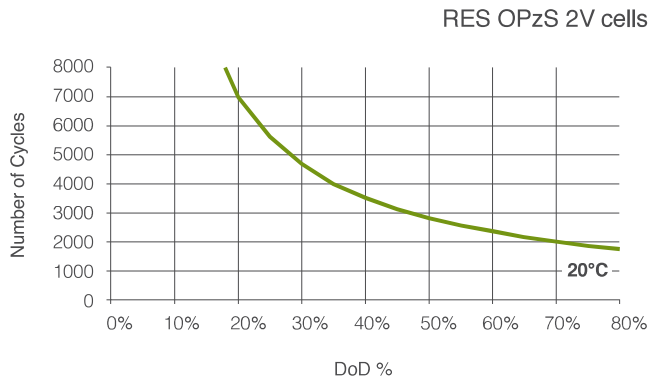
Model	SR-MC4885N15	SR-MC48100N15	SR-MC4885N25	SR-MC48100N25
System voltage	12V/24/36/48V			
Static power consumption	0.54W			
Maximum input voltage of solar energy (25°C)	150V		250V	
Voltage Range at MPP (Maximum Power Point)	Battery voltage +2~ 120V		Battery voltage +2~ 180V	
Charging current	85A	100A	85A	100A
Solar panel power (12V battery)	1100W	1300W	1100W	1300W
Solar panel power (24V battery)	2200W	2600W	2200W	2600W
Solar panel power (48V battery)	4400W	5200W	4400W	5200W
Support battery type	Lead-acid batteries, colloidal batteries, open-ended batteries, lithium batteries			
Temperature compensation coefficient	-3mV/°C/2V			
Operating temperature range	-35°C~60°C			
Humidity	95%, no condensation			
Protection grade	Ip32			
Weight	5.7kg			
Communication mode	TTL(3.3V)/RS485/Bluetooth Module			
Product Dimensions	314*227*121 (mm)			
Terminal blocks	35mm ² /2AWG			

The ideal energy solution for Renewable Energy Storage applications

Long cycle life

Tubular positive plates, unique sliding pole design and special alloys composition offer a 60% DoD cycle life of 2300 cycles for 2V cells and 2000 cycles for 6V & 12V blocks.

Number of Cycles vs. DoD



Outstanding performance and reliability

Products of optimum design made of high quality raw materials in European state-of-the-art production facilities and cumulative experience on advanced submarine battery manufacturing, ensure reliability in applications requiring high performance.

Minimum maintenance

Low maintenance design with reduced topping up requirements. Transparent container for easy visual electrolyte level monitoring.

Space optimization

Racks designed for optimal space utilization, quick installation and easy battery maintenance.

Flexibility

Design and production of customized products and services, high volume orders handling capability, fast delivery.

Operational safety

Extensive compliance testing performed under European and Global norms and verified by independent 3rd party certification agencies.

Complete battery solution

Complete and ready to install systems, batteries in filled and charged or dry charged state with all the necessary accessories. Extensive range of adding value products and services.

Peace-of-mind

24x7 experienced pre-sales and after sales support through SUNLIGHT Global Partners Network.

Optimum Total Cost of Ownership (TCO)

Low cost per cycle. Lifetime value maximized especially at hybrid systems where using batteries can greatly reduce the Genset daily run time resulting on fuel savings and less CO₂ emission.



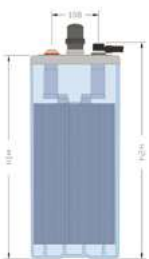
- Compliant with **IEC 61427** requirements for photovoltaic energy systems
- Fully compliant with **IEC 60896-11** requirements for vented lead-acid batteries
- Full conformity to **DIN 40736-1** specifications for OPzS cells and **DIN 40737-3** for OPzS blocks
- Compliant with the safety requirements of **IEC 62485-2** for stationary batteries
- Manufactured at SUNLIGHT's European production facilities, certified with **ISO 9001, ISO 14001, BS OHSAS 18001**

Type	Positive Plates		Number of Poles	Rated Capacity (Ah at 20°C)					Dimensions (mm)				Poles Distance (mm)	Wet Weight (kg)	Dry Weight (kg)	Internal Resistance (mOhm)	Short Circuit Current (A)	
	Number	Size (Ah)		C240 1.85 Vpc	C120 1.85 Vpc	C48 1.80 Vpc	C24 1.80 Vpc	C12 1.80 Vpc	Length	Width	Height 1	Height 2						
Cells	2V 2 RES OPzS 185	2	50	2	196	187	172	153	131	103	206	355	383	-	15.5	8.2	1.430	1420
	2V 3 RES OPzS 260	3		2	273	262	244	217	188	103	206	355	383	-	17.0	10.6	0.950	2120
	2V 4 RES OPzS 300	4		2	310	300	285	256	224	103	206	355	383	-	17.5	12.8	0.740	2720
	2V 5 RES OPzS 375	5		2	391	379	359	323	281	124	206	355	383	-	21.2	15.3	0.590	3420
	2V 6 RES OPzS 450	6		2	469	454	431	387	338	145	206	355	383	-	24.9	18.0	0.510	3940
	2V 5 RES OPzS 550	5	70	2	574	553	527	474	413	124	206	471	499	-	28.6	20.6	0.540	3750
	2V 6 RES OPzS 660	6		2	688	662	630	567	494	145	206	471	499	-	33.5	24.2	0.460	4400
	2V 7 RES OPzS 750	7		2	779	750	717	646	564	166	206	471	499	-	38.5	27.6	0.410	4950
	2V 5 RES OPzS 900	5		2	947	904	845	748	639	145	206	646	674	-	42.3	29.3	0.510	3950
	2V 6 RES OPzS 965	6		2	1006	966	916	816	703	145	206	646	674	-	46.5	33.7	0.430	4700
	2V 7 RES OPzS 1230	7	100	4	1286	1230	1154	1024	877	191	210	646	674	80	59.4	42.3	0.360	5600
	2V 8 RES OPzS 1275	8		4	1330	1278	1213	1083	934	191	210	646	674	80	63.5	46.7	0.310	6500
	2V 9 RES OPzS 1480	9		4	1547	1484	1403	1250	1076	233	210	646	674	110	73.5	52.3	0.280	7250
	2V 10 RES OPzS 1590	10		4	1656	1592	1511	1349	1165	233	210	646	674	110	77.7	56.7	0.250	8100
	2V 11 RES OPzS 1885	11		4	1974	1888	1776	1576	1350	275	210	646	674	140	87.7	62.4	0.240	8450
	2V 12 RES OPzS 1905	12	4	1986	1908	1810	1614	1391	275	210	646	674	140	91.9	66.8	0.220	9250	
	2V 11 RES OPzS 2285	11	125	4	2369	2286	2173	1957	1698	275	210	797	825	140	108.9	77.0	0.230	8800
	2V 12 RES OPzS 2225	12		4	2296	2226	2142	1944	1701	275	210	797	825	140	114.0	82.4	0.220	9200
	2V 14 RES OPzS 2765	14		6	2868	2769	2639	2381	2069	399	214	772	800	2x110	145.8	100.3	0.190	10650
	2V 15 RES OPzS 2920	15		6	3018	2921	2797	2531	2208	399	214	772	800	2x110	150.9	105.9	0.170	11900
	2V 16 RES OPzS 2970	16		6	3064	2973	2861	2600	2279	399	214	772	800	2x110	156.1	111.4	0.156	12950
	2V 18 RES OPzS 3780	18	125	8	3916	3780	3589	3236	2811	487	212	772	800	3x110	183.7	128.6	0.137	14750
	2V 20 RES OPzS 4075	20		8	4217	4076	3885	3510	3057	487	212	772	800	3x110	194.0	139.5	0.122	16550
	2V 22 RES OPzS 4455	22		8	4615	4457	4247	3833	3335	576	212	772	800	3x140	219.6	153.7	0.114	17700
	2V 24 RES OPzS 4620	24		8	4770	4620	4430	4014	3508	576	212	772	800	3x140	229.8	164.9	0.105	19250
	2V 26 RES OPzS 4730	26		8	4869	4733	4564	4156	3656	576	212	772	800	3x140	240.1	175.8	0.098	20600
Blocks	6V 3 RES OPzS 240	3	50	2	251	242	231	209	184	233	224	345	394	-	41.1	30.5	3.18	1900
	6V 4 RES OPzS 280	4		2	293	284	275	251	223	272	205	332	375	-	46.4	34.1	2.52	2420
	6V 5 RES OPzS 385	5		2	403	389	373	338	298	380	205	332	375	-	59.8	42.0	2.13	2860
	6V 6 RES OPzS 405	6		2	422	408	398	364	323	380	205	332	375	-	66.8	49.3	1.86	3260
	12V 1 RES OPzS 85	1	50	2	90	86	81	73	65	272	205	332	375	-	41.0	27.8	17.20	700
	12V 2 RES OPzS 130	2		2	137	132	128	118	106	272	205	332	375	-	48.4	37.0	8.61	1400
	12V 3 RES OPzS 190	3		2	199	191	186	172	155	380	205	332	375	-	68.7	52.2	6.09	2000

Height 2 includes installed connectors and bolts.

All dimensions and weights shown are subject to manufacturing tolerances.

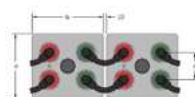
2V RES OPzS



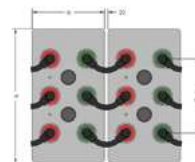
- 2V 2 RES OPzS 185
- 2V 3 RES OPzS 260
- 2V 4 RES OPzS 300
- 2V 5 RES OPzS 375
- 2V 6 RES OPzS 450
- 2V 5 RES OPzS 550
- 2V 6 RES OPzS 660
- 2V 7 RES OPzS 750
- 2V 5 RES OPzS 900
- 2V 6 RES OPzS 965



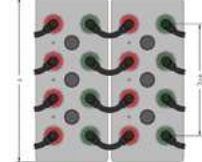
- 2V 7 RES OPzS 1230
- 2V 8 RES OPzS 1275
- 2V 9 RES OPzS 1480
- 2V 10 RES OPzS 1590
- 2V 11 RES OPzS 1885
- 2V 12 RES OPzS 1905
- 2V 11 RES OPzS 2285
- 2V 12 RES OPzS 2225



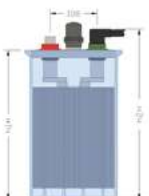
- 2V 14 RES OPzS 2765
- 2V 15 RES OPzS 2920
- 2V 16 RES OPzS 2970



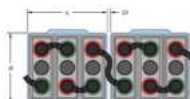
- 2V 18 RES OPzS 3780
- 2V 20 RES OPzS 4075
- 2V 22 RES OPzS 4455
- 2V 24 RES OPzS 4620
- 2V 26 RES OPzS 4730



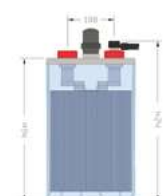
6V 3 RES OPzS 240



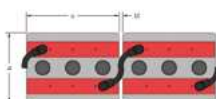
6V 3 RES OPzS 240



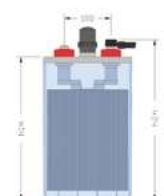
6V RES OPzS



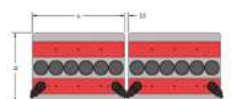
6V 4 RES OPzS 280
6V 5 RES OPzS 385
6V 6 RES OPzS 405



12V RES OPzS



12V 1 RES OPzS 85
12V 2 RES OPzS 130
12V 3 RES OPzS 190



Inversor/cargador Quattro

3kVA - 15kVA

compatible con baterías de Litio-Ion

www.victronenergy.com



Quattro
48/5000/70-100/100



Quattro
48/15000/200-100/100

Dos entradas CA con conmutador de transferencia integrado

El Quattro puede conectarse a dos fuentes de alimentación CA independientes, por ejemplo a la toma de puerto o a un generador, o a dos generadores. Se conectará automáticamente a la fuente de alimentación activa.

Dos salidas CA

La salida principal dispone de la funcionalidad “no-break” (sin interrupción). El Quattro se encarga del suministro a las cargas conectadas en caso de apagón o de desconexión de la toma de puerto/generador. Esto ocurre tan rápidamente (menos de 20 milisegundos) que los ordenadores y demás equipos electrónicos continúan funcionando sin interrupción.

La segunda salida sólo está activa cuando una de las entradas del Quattro tiene alimentación CA. A esta salida se pueden conectar aparatos que no deberían descargar la batería, como un calentador de agua, por ejemplo.

Potencia prácticamente ilimitada gracias al funcionamiento en paralelo

Hasta 6 unidades Quattro pueden funcionar en paralelo. Seis unidades 48/10000/140, por ejemplo, darán una potencia de salida de 48kW / 60kVA y una capacidad de carga de 840 amperios.

Capacidad de funcionamiento trifásico

Se pueden configurar tres unidades para salida trifásica. Pero eso no es todo: hasta 6 grupos de tres unidades pueden conectarse en paralelo para lograr una potencia del inversor de 144 kW/180 kVA y más de 2500 A de capacidad de carga.

PowerControl - En caso de potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red

El Quattro es un cargador de baterías muy potente. Por lo tanto, usará mucha corriente del generador o de la toma de puerto (hasta 16 A por cada Quattro de 5 kVA a 230 VCA). Se puede establecer un límite de corriente para cada una de las entradas CA. Entonces, el Quattro tendrá en cuenta las demás cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga de baterías, evitando así sobrecargar el generador o la red eléctrica.

PowerAssist – Refuerzo de la potencia del generador o de la toma de puerto

Esta función lleva el principio de PowerControl a otra dimensión, permitiendo que Quattro complemente la capacidad de la fuente alternativa. Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el Quattro compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Energía solar: Potencia CA disponible incluso durante un apagón

El Quattro puede utilizarse en sistemas FV, conectados a la red eléctrica o no, y en otros sistemas eléctricos alternativos.

Hay disponible software de detección de falta de suministro.

Configuración del sistema

- En el caso de una aplicación autónoma, si ha de cambiarse la configuración, se puede hacer en cuestión de minutos mediante un procedimiento de configuración de los conmutadores DIP.
- Las aplicaciones en paralelo o trifásicas pueden configurarse con el software VE.Bus Quick Configure y VE.Bus System Configurator.
- Las aplicaciones no conectadas a la red, que interactúan con la red y de autoconsumo que impliquen inversores conectados a la red y/o cargadores solares MPPT pueden configurarse con Asistentes (software específico para aplicaciones concretas).

Seguimiento y control in situ

Hay varias opciones disponibles: Monitor de baterías, panel Multi Control, Color Control GX y otros dispositivos, smartphone o tableta (Bluetooth Smart), portátil u ordenador (USB o RS232).

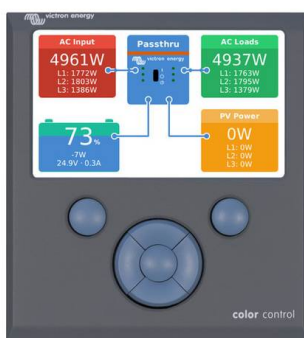
Seguimiento y control a distancia

Color Control GX y otros dispositivos.

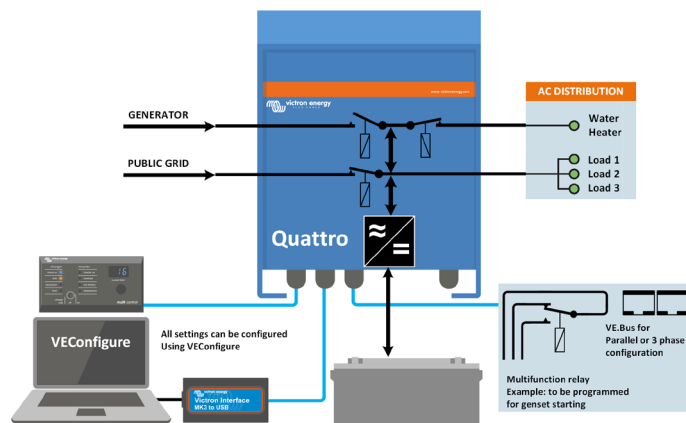
Los datos se pueden almacenar y mostrar gratuitamente en la web VRM (Victron Remote Management).

Configuración a distancia

Se puede acceder a los datos y cambiar los ajustes de los sistemas con Color Control GX y otros dispositivos si está conectado a Ethernet.



Color Control GX con una aplicación FV



Quattro	12/3000/120-50/50 24/3000/70-50/50	12/5000/220-100/100 24/5000/120-100/100 48/5000/70-100/100	24/8000/200-100/100 48/8000/110-100/100	48/10000/140-100/100	48/15000/200-100/100
PowerControl / PowerAssist	Sí				
Conmutador de transferencia integrado	Sí				
2 entradas CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz Factor de potencia: 1				
Corriente máxima de alimentación (A)	2x 50	2x100	2x100	2x100	2x100
INVERSOR					
Rango de tensión de entrada (VCC)	9,5 – 17V 19 – 33V 38 – 66V				
Salida (1)	Tensión de salida: 230 VCA ± 2% Frecuencia: 50 Hz ± 0,1%				
Potencia cont. de salida a 25°C (VA) (3)	3000	5000	8000	10000	15000
Potencia cont. de salida a 25°C (W)	2400	4000	6500	8000	12000
Potencia cont. de salida a 40°C (W)	2200	3700	5500	6500	10000
Potencia cont. de salida a 65° C (W)	1700	3000	3600	4500	7000
Pico de potencia (W)	6000	10000	16000	20000	25000
Eficacia máxima (%)	93 / 94	94 / 94 / 95	94 / 96	96	96
Consumo en vacío (W)	20 / 20	30 / 30 / 35	60 / 60	60	110
Consumo en vacío en modo de ahorro (W)	15 / 15	20 / 25 / 30	40 / 40	40	75
Consumo en vacío en modo de búsqueda (W)	8 / 10	10 / 10 / 15	15 / 15	15	20
CARGADOR					
Tensión de carga de 'absorción' (VCC)	14,4 / 28,8	14,4 / 28,8 / 57,6	28,8 / 57,6	57,6	57,6
Tensión de carga de "flotación" (VCC)	13,8 / 27,6	13,8 / 27,6 / 55,2	27,6 / 55,2	55,2	55,2
Modo de almacenamiento (VCC)	13,2 / 26,4	13,2 / 26,4 / 52,8	26,4 / 52,8	52,8	52,8
Corriente de carga de la batería auxiliar (A) (4)	120 / 70	220 / 120 / 70	200 / 110	140	200
Corriente de carga batería arranque (A)	4 (solo modelos de 12 y 24V)				
Sensor de temperatura de la batería	Sí				
GENERAL					
Salida auxiliar (A) (5)	25	50	50	50	50
Relé programable (6)	3x	3x	3x	3x	3x
Protección (2)	a - g				
Puerto de comunicación VE.Bus	Para funcionamiento paralelo y trifásico, supervisión remota e integración del sistema				
Puerto de comunicaciones de uso general	2x	2x	2x	2x	2x
On/Off remoto	Sí				
Características comunes	Temp. de trabajo: -40 a +65 °C Humedad (sin condensación): máx. 95%				
CARCASA					
Características comunes	Material y color: aluminio (azul RAL 5012) Grado de protección IP 21				
Conexión a la batería	Cuatro pernos M8 (2 conexiones positivas y 2 negativas)				
Conexión 230 V CA	Bornes de tornillo de 13 mm. ² (6 AWG)	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6	Pernos M6
Peso (kg)	19	34 / 30 / 30	45 / 41	51	72
Dimensiones (al x an x p en mm.)	362 x 258 x 218	470 x 350 x 280 444 x 328 x 240 444 x 328 x 240	470 x 350 x 280	470 x 350 x 280	572 x 488 x 344
NORMATIVAS					
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1				
Emissiones, Inmunidad	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3				
Vehículos de carretera	Modelos de 12 y 24V: ECE R10-4				
Antiisla	Visite nuestra página web				
1) Puede ajustarse a 60 Hz; 120 V 60 Hz si se solicita	3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) A 25 ° C de temperatura ambiente 5) Se desconecta sin hay fuente CA externa disponible 6) Relé programable que puede configurarse, entre otros, como función de alarma general, subtensión CC o arranque del generador Capacidad nominal CA 230 V/4 A Capacidad nominal CC 4 A hasta 35 VCC, 1 A hasta 60 VCC				
2) Claves de protección:					
a) cortocircuito de salida					
b) sobrecarga					
c) tensión de la batería demasiado alta					
d) tensión de la batería demasiado baja					
e) temperatura demasiado alta					
f) 230 VCA en la salida del inversor					
g) ondulación de la tensión de entrada demasiado alta					

Funcionamiento y supervisión controlados por ordenador

Hay varias interfaces disponibles:



Panel Digital Multi Control

Una solución práctica y de bajo coste para el seguimiento remoto, con un selector giratorio con el que se pueden configurar los niveles de PowerControl y PowerAssist.



Color Control GX y otros dispositivos

Monitorear y controlar, de forma local e remota, no [Portal VRM](#).

Interfaz MK3-USB VE.Bus a USB

Se conecta a un puerto USB (ver [Guía para el VEConfigure™](#))

Interfaz VE.Bus a NMEA 2000

Liga el dispositivo a una red electrónica marina NMEA2000. Consulte el [guía de integración NMEA2000 e MFD](#)



Monitor de baterías BMV-712 Smart

Utilice un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth para:

- personalizar los ajustes,
- consultar todos los datos importantes en una sola pantalla,
- ver los datos del historial y actualizar el *software* conforme se vayan añadiendo nuevas funciones.



Mochila VE.Bus Smart
Mide la tensión y la temperatura de la batería y permite monitorizar y controlar Multis y Quattros con un *smartphone* u otro dispositivo con Bluetooth.





Instalación en cubierta o suelo

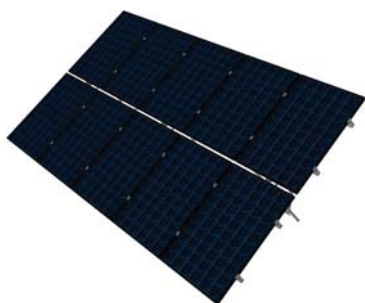
Instalación suelo 2 líneas

Artículo nº FV925

Soporte diseñado para instalar 2 filas de MFV en vertical a 30°.

Puede instalarse en suelo o incluso sobre cubiertas.

Artículo	Capacidad	Tamaño de módulo	Materiales
FV925 [2x5]	10 Módulos Fotovoltaicos Disponibile de 2 a 40 módulos	1650x1000x[35,40,45,50]	Aluminio EN AW 6005A T6 Tornillería Acero Inoxidable



Montaje:

Estructura atornillada,
regulable..



Detalle tirante



Detalle anclaje



Viga



Detalle guía módulos



Detalle unión pata-viga



Elementos unión guía módulos-viga

Este soporte está disponible en dos versiones:

FV925 20°.

FV925 30°.

Condiciones de diseño:

UNE-EN 1991-1-3:2004 Cargas de nieve. 200 N/m²

UNE-EN 1991-1-4:2007 Cargas de viento. V_b: 27 m/s

Consultar la normativa vigente en el punto de instalación.

Nota:

Para el diseño de la zapata se deberán realizar ensayos geotécnicos y consultar las cargas transmitidas por el soporte.

Cables 0,6/1 kV

RV-K 0,6/1 kV



Descripción

Los cables RV-K 0,6/1kV son los indicados para el transporte y distribución de energía eléctrica en baja tensión. Recomendado para conexiones industriales, acometidas, distribución interna y otras instalaciones fijas. Adecuados para instalaciones en interiores y exteriores, sobre soportes al aire, en tubos o enterrados.

Dada su gran flexibilidad son muy apropiados para instalaciones complejas y de gran dificultad.

Normas de Referencia: UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502

Aplicaciones

Según el REBT 2002, para las siguientes instalaciones:

- ITC-BT 07 Redes subterráneas para distribución en baja tensión
- ITC-BT 09 Redes de alimentación subterránea para instalaciones de alumbrado exterior
- ITC-BT 11 Redes de distribución de energía eléctrica. Acometidas subterráneas
- ITC-BT 20 Instalaciones interiores o receptoras
- ITC-BT 30 Instalaciones en locales de características especiales

Adecuados para instalaciones interiores y exteriores, sobre soportes al aire, en tubos o enterrados.

Características Técnicas

1. Conductor	Cobre electrolítico flexible (Clase V) según UNE-EN 60228, EN 60228 e IEC 60228
2. Aislamiento	Polietileno reticulado (XLPE) tipo DIX 3 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502-1
3. Cubierta	PVC tipo DMV-18 según UNE 21123, HD 603 S1 e IEC 60502
Tensión nominal	0,6/1 kV
Tensión de ensayo	3.500 V C.A.
Temperatura máxima	90 °C

Otras características

Resistencia UV: ensayo climático según UNE 211605

Color según UNE 21089 y HD 308 S2 (marcados con colores para menos de cinco conductores), UNE-EN 50334 y EN 50334 (marcados por inscripción para más de cinco conductores)

No propagación de la llama según UNE-EN 60332-1-2, EN 60332-1-2 e IEC 60332-1-2

El uso de polietileno reticulado (XLPE) admite una mayor densidad de corriente, a igualdad de sección, respecto al aislamiento con PVC

Clasificación CPR según EN 50575

Dimensiones

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ohm/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (kg/km)	Clase
1x1,5	13,3	5,00	35	Eca
1x2,5	7,98	5,40	45	Eca
1x4	4,95	5,90	61	Eca
1x6	3,3	6,55	82	Eca
1x10	1,91	7,30	120	Eca
1x16	1,21	8,50	178	Eca
1x25	0,78	9,95	255	Eca
1x35	0,554	11,30	351	Eca
1x50	0,386	13,10	487	Eca
1x70	0,272	15,05	674	Eca
1x95	0,206	17,75	901	Eca
1x120	0,161	19,40	1.127	Eca
1x150	0,129	21,80	1.410	Eca
1x185	0,106	23,70	1.728	Eca
1x240	0,0801	26,80	2.239	Eca
1x300	0,0641	30,00	2.793	Eca
1x400	0,0486	33,20	3.632	Eca
1x500	0,0384	40,00	4.882	Eca
1x630	0,0287	44,50	6.384	Eca
2x1,5	13,3	8,30	92	Eca
2x2,5	7,98	9,10	120	Eca
2x4	4,95	10,05	158	Eca
2x6	3,3	11,20	209	Eca
2x10	1,91	12,80	306	Eca
2x16	1,21	16,50	532	Eca
2x25	0,78	19,90	786	Eca
2x35	0,554	21,95	1.014	Eca
2x50	0,386	25,70	1.409	Eca
3G1,5	13,3	8,85	109	Eca
3G2,5	7,98	9,70	145	Eca
3G4	4,95	10,90	198	Eca
3G6	3,3	11,95	260	Eca
3G10	1,91	13,70	390	Eca
3x16	1,21	17,55	663	Eca
3x25	0,78	21,10	978	Eca

Sección (mm ²)	Resistencia a 20 °C (Ohm/km)	Diámetro Exterior (mm)	Peso (kg/km)	Clase
3x35	0,554	23,60	1.296	Eca
3x50	0,386	27,60	1.799	Eca
3x70	0,272	31,80	2.400	Eca
3x95	0,206	35,90	3.178	Eca
3x120	0,161	41,80	4.067	Eca
3x150	0,129	44,75	5.022	Eca
3x185	0,106	49,55	6.131	Eca
4x1,5	13,3	9,70	132	Eca
4x2,5	7,98	10,60	175	Eca
4x4	4,95	11,80	239	Eca
4x6	3,3	13,20	323	Eca
4x10	1,91	15,10	488	Eca
4x16	1,21	19,10	813	Eca
4x25	0,78	22,85	1.193	Eca
4x35	0,5554	25,85	1.609	Eca
4x50	0,386	30,45	2.244	Eca
4x70	0,272	33,70	3.018	Eca
4x95	0,206	42,70	4.303	Eca
4x120	0,161	45,90	5.237	Eca
4x150	0,129	49,70	6.324	Eca
4x185	0,106	55,25	7.732	Eca
5x1,5	13,3	10,50	152	Eca
5G2,5	7,98	11,50	206	Eca
5x4	4,95	12,90	284	Eca
5x6	3,3	14,50	388	Eca
5x10	1,91	16,80	597	Eca
5x16	1,21	20,75	965	Eca
5x25	0,78	25,45	1.478	Eca
5x35	0,5554	28,60	1.936	Eca
5x50	0,386	34,00	2.751	Eca
5x70	0,272	36,70	3.852	Eca
5x95	0,206	45,00	4.879	Eca
5x120	0,161	50,15	6.242	Eca
5x150	0,129	55,35	7.713	Eca

Los datos contenidos en esta página, son meramente informativos, no constituyendo compromiso contractual de ningún tipo por parte de Cables RCT. Así mismo Cables RCT, dentro de su proceso de mejora continua, se reserva el derecho de modificar sus especificaciones técnicas sin previo aviso. 8 marzo 2019