



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Diseño y cálculo de una instalación solar fotovoltaica de 90
kW para autoconsumo en Barcelona

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Eléctrica

AUTOR/A: Gil Betancur, Joseph Andrés

Tutor/a: Valencia Salazar, Iván

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

ÍNDICE

DOCUMENTO 1. RESUMEN EJECUTIVO	5
1.- Resumen ejecutivo	6
DOCUMENTO 2. MEMORIA	7
1.- Objeto de estudio	8
2.- Titular de la instalación	8
3.- Emplazamiento	8
4.- Normativa	10
5.- Características de la instalación	11
6.- Descripción de la instalación	12
6.1.- Módulos fotovoltaicos	12
6.2.- Inversor:	12
6.3.- Acumulador:	13
6.4.- Estructura soporte:	13
6.5.- Optimizador:	14
6.6.- Medidor:	14
7.- Comprobación de parámetro de funcionamiento de la instalación	14
8.- Balance energético y medioambiental	16
9.- Reporte fotográfico	19
10.- Efecto medioambiental y contribución a los ODS	20
DOCUMENTO 3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y PROTECCIONES	22
1.- Módulos fotovoltaicos	23
2.- Secciones de cableado	26
3.- Cálculos de líneas	28
4.- Protecciones	31
5.- Cálculo de protecciones	33
6.- Cálculo de separación entre módulos fotovoltaicos	34
7.- Cálculo de cargas	35
8.- Puesta a tierra	40
DOCUMENTO 4. PRESUPUESTO	41
1.- Presupuesto	42
2.- Viabilidad económica	43
3.- Amortización	44
DOCUMENTO 5. PLIEGO DE CONDICIONES	46
1.- Condiciones generales	47
1.1.- Sistemas generadores fotovoltaicos	47



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.2.- Estructura soporte	47
1.3.- Inversores	48
1.4.- Cableado.....	49
1.5.- Tubos protectores.....	49
1.6.- Caja de empalme y derivación	49
1.7.- Conexión a red.....	50
1.8.- Medidas.....	50
1.9.- Protecciones	50
1.10.- Puesta a tierra	50
1.11.- Armónicos y compatibilidad electromagnética.....	50
1.12.- Pruebas reglamentarias.....	50
2.- Condiciones facultativas.....	51
2.1.- Planos	51
2.2.- Dirección de obras.....	51
2.3.- Interpretación del proyecto.....	51
2.4.- Replanteo de obras.....	51
2.5.- Libro de órdenes.....	51
2.6.- Inspección de las obras.....	51
2.7.- Ejecución de las obras	52
2.8.- Obras de urgencia o imprevistas	52
2.9.- Subcontratos o contratos parciales	52
2.10.- Cumplimiento de las disponibilidades legales.....	53
2.11.- Causas de rescisión.....	53
3.- Condiciones técnicas	54
3.1.- Características de la empresa instaladora.....	54
3.2.- Calidad de los materiales.....	54
3.3.- Estructura	60
3.4.- Inspecciones y pruebas en fábrica.....	60
3.5.- Control.....	61
3.6.- Seguridad.....	61
3.7.- Limpieza.....	62
3.8.- Mantenimiento.....	62
3.9.- Normas de ejecución de las instalaciones.....	62
3.10.- Verificaciones y pruebas reglamentarias.....	62
3.11.- Certificados y documentación.....	62
DOCUMENTO 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	64
1- Introducción	65

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.1- Objeto.....	65
1.2.- Datos de la obra.....	65
2.- Normas de seguridad y salud aplicables en la obra.....	66
3.- Memoria descriptiva.....	67
3.1.- Previos	67
3.2.- Instalaciones provisionales.....	67
3.3.- Condiciones de ubicación.....	70
3.4.- Ordenanzas y dotaciones de reserva de superficie respecto al número de trabajadores.....	70
4.- Fases de la ejecución de la obra	71
4.1.- Estructura metálica/aluminio	71
4.2.- Montaje: Módulos fotovoltaicos	72
4.3.- Trabajos en cubierta	72
4.4.- Trabajo con grúas	74
4.5.- Trabajos en altura	75
4.6.- Instalaciones eléctricas.....	77
5.- Obligaciones del promotor	78
6.- Coordinadores en materia de seguridad y salud	78
7.- Plan de seguridad y salud en el trabajo	79
8.- Obligaciones de contratistas y subcontratistas.....	79
9.- Obligaciones de los trabajadores.....	80
10.- Libro de incidencias	80
11.- Paralización de los trabajos	81
12.- Derechos de los trabajadores.....	81
13.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras.....	81
DOCUMENTO 7. GESTIÓN DE RESIDUOS.....	82
1.- Introducción	83
2.- Identificación de residuos y estimación de la cantidad.....	83
2.1.- Identificación de los residuos a generar.....	83
2.2.- Estimación de la cantidad de residuos a generar	83
3.- Medidas para la prevención de residuos.....	84
4.- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación de los residuos generados.....	86
4.1.- Medidas de segregación “in situ”	86
4.2.- Previsión de operaciones de reutilización.....	86
4.3.- Previsión de operaciones de valorización “in situ” de los residuos generados.....	86
4.4.- Previsión de operaciones de eliminación.....	87
4.5.- Destino previsto para los residuos	87
5.- Medidas para la separación de los residuos.....	88

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

6.- Plano de las instalaciones para el almacenamiento, manejo, separación u otras operaciones de gestión	88
7.- Pliego de prescripciones técnicas particulares.....	89
7.1.- Para el Productor de Residuos. (Artículo 4 RD 105/2008).....	89
7.2.- Para el Poseedor de los Residuos en la Obra. (Artículo 5 RD 105/2008).....	89
7.3.- Con carácter General.....	91
7.4.- Con carácter Particular	91
8.- Valoración del coste previsto para la correcta gestión de RCDS	93
DOCUMENTO 8. ANALISIS Y REFERENCIA	94
1.- Análisis de alternativas.....	95
1.1.- Módulos fotovoltaicos.....	95
1.2.- Inversores:	98
1.3.- Acumuladores:.....	100
2.- Conclusiones:.....	102
3.- Bibliografía y referencias:	103
DOCUMENTO 9. PLANOS.....	105
DOCUMENTO 10. ANEXOS.....	106
1.- FICHA TÉCNICA MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	107
2.- FICHA TÉCNICA INVERSOR.....	108
3.- FICHA TÉCNICA ACUMULADOR	109
4.- FICHA TÉCNICA ESTRUCTURA MÓDULOS.....	110
5.- CERTIFICACIÓN ESTRUCTURA MÓDULOS.....	111
6.- FICHA CATASTRAL	112
7.- ESTUDIO PV*SOL	113
8.- ESTUDIO K2BASE	114



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 1. RESUMEN EJECUTIVO

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- Resumen ejecutivo

El presente proyecto consiste en desarrollar una instalación fotovoltaica para suplir ciertas necesidades de una empresa relacionada con el ámbito fotovoltaico. Esta empresa es TAB SPAIN S.L., la cual desea montar placas fotovoltaicas para dar mantenimiento a un conjunto de baterías que almacenan en una nave industrial localizada en Barcelona. La instalación funcionará en modo de "inyección nula/vertido cero", para asegurar operatividad de la nave en casos en los que la energía producida no sea suficiente para darle el mantenimiento a los equipos del almacén; y por tanto se necesite energía de una fuente externa.

De esta manera se instalará un total de 92,4 kWp por medio de la instalación. La cual estará conformada por 168 placas fotovoltaicas modelo "LONGI LR5-72HPH-550M", distribuidas en 12 líneas que se conectarán a 6 inversores tipo "TAB SUN-12K-SG04LP3-EU".

A su vez se emplearán baterías modelo "TAB CLEVER 2.2 - 6.6", para el almacenaje de la energía en caso de que no se le esté dando un uso inmediato, y de esta manera poder contar con una reserva en casos de emergencia o baja producción. Por otra parte, se utilizarán optimizadores y equipos de medición para garantizar el correcto funcionamiento de la instalación.

Al mismo tiempo se realiza un estudio de producción, sombras y de cargas de viento por medio de los programas PVGIS, PV*SOL y K2base, para conocer en mayor medida los detalles de la instalación así como los obstáculos y límites a tener en cuenta; que en este caso serán las condiciones climáticas del entorno en el que se localiza la nave, la existencia de lucernarios en el tejado que complican la distribución de la placas, así como la presencia otras estructuras que proyectarán sombras sobre los módulos fotovoltaicos.

De esta manera los costes de la instalación ascenderían a los 148.776,13 €, contando todos los materiales empleados y los servicios (mano de obra y gestión), así como gastos generales, beneficio industrial e IVA.

En caso de que se decida inyectar energía a la red (cambiando el modo de funcionamiento de los inversores y aportando los certificados/documentación necesarios), la amortización de la instalación se completará en los primeros 13 años, una vez instalado los módulos.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 2. MEMORIA



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- Objeto de estudio

Para este proyecto se desarrollará una instalación fotovoltaica en una nave industrial, principalmente para uso propio. Esto debido a que la nave industrial donde se planea emplazar la instalación pertenece a una empresa relacionada con el ámbito fotovoltaico (TAB SPAIN S.L.), en donde se planea emplear la energía obtenida por la instalación para alimentar una serie de baterías almacenadas en la propia nave, de manera que se encuentren en condiciones óptimas de almacenamiento y evitar que se reduzca el tiempo de vida de las baterías.

Como la empresa dispone de su propia marca de batería, se emplearán estas mismas en la instalación.

2.- Titular de la instalación

Titular: TAB SPAIN S.L.

Domicilio: Calle Llobateres, nº 28
Polígono Industrial Santiga
08210 Barbera del Valles – (Barcelona)

NIF: B64008873

3.- Emplazamiento

La instalación fotovoltaica se desarrollará sobre la cubierta de una nave industrial, en la Calle Llobateres, siendo esta propiedad de TAB SPAIN S.L.

La ubicación exacta la podemos obtener haciendo uso del catastro obteniendo así la siguiente información:

(Coordenadas UTM del edificio en donde ira ubicada la instalación fotovoltaica)

X (Longitud): 428770

Y (Latitud): 4597301

H (Huso):30

La referencia catastral es la siguiente:

8776005DF2987N0001QY

En las figuras 1, 2 y 3 se puede observar el lugar de la instalación desde diferentes escalas:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

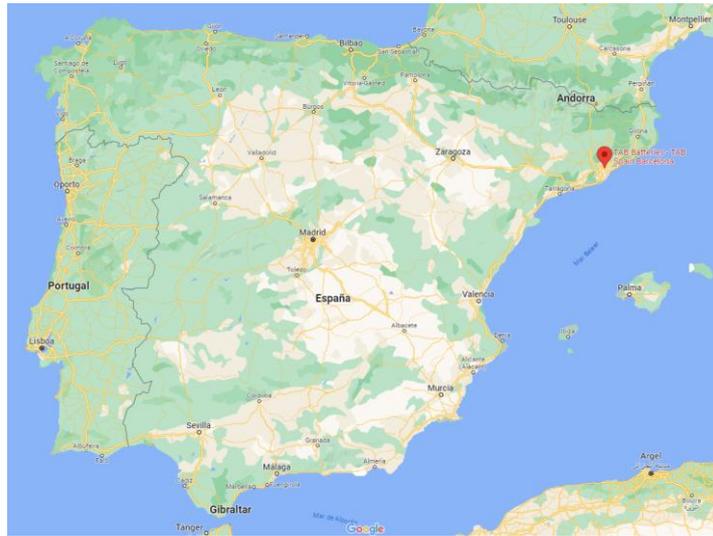


Figura 1. Emplazamiento de la instalación en España (Google Maps)

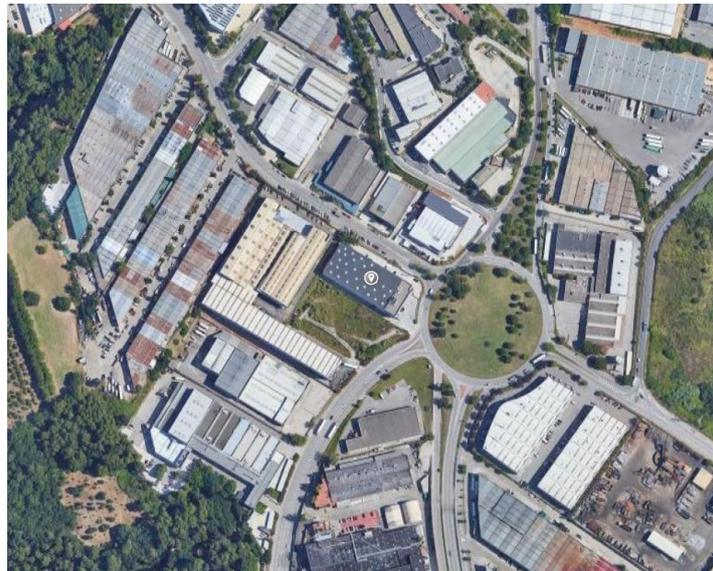


Figura 2. Vista superior de la zona (Google Maps)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial



Figura 3. Tejado en donde se desarrollará la instalación (Google Maps)

4.- Normativa

Para el proyecto, se buscará que tanto los componentes como el diseño cumpla con las recomendaciones que se establecen en las siguientes normativas:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. (BOE-A-2013-13645 Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-13645>)
- Ley 31/1995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales y disposiciones que la desarrollan. (BOE-A-1995-24292 Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de prevención de Riesgos Laborales. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1995-24292>)
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el código técnico de la edificación. (BOE-A-2006-5515 Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-5515>)
- 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 (B.O.E. de 27 de Diciembre de 2000). (BOE-A-2000-24019 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. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2000-24019>)
- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y sus instrucciones técnicas complementarias (ITC) BT 01 a BT 51. Aprobado por Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología (B.O.E. de 18-09-2002). (BOE-A-2002-18099 Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099>)
- Real Decreto 1699/2011 de 18 de Noviembre por el que se regula la conexión a red de Instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. (BOE-A-2011-19242 Real Decreto 1699/2011, de 18 de noviembre, por el que se regula la conexión a red de instalaciones de producción de energía eléctrica de pequeña potencia. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-19242>)
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. (BOE-A-2014-6123 Real Decreto 413/2014, de 6 de

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2014-6123>)

- Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. (BOE-A-2015-10927 Real Decreto 900/2015, de 9 de octubre, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las modalidades de suministro de energía eléctrica con autoconsumo y de producción con autoconsumo. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2015-10927>)
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. (BOE-A-2018-13593 Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2018-13593>)
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. (BOE-A-2019-5089 Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica. (s/f). Boe.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089>)
- Pliego de Condiciones técnicas del IDAE para instalaciones conectadas a red. PCT-CREV - Julio 2011. ((S/f). Idae.es. Recuperado el 31 de julio de 2023, de https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf)
- Cualquier otra disposición sobre la materia en vigor o que se promulgue durante la vigencia de este documento.

5.- Características de la instalación

La instalación tendrá una potencia pico de 92,4 kW, para ello se emplearán 12 series/líneas de paneles, de 14 paneles cada una. De manera que emplearán un total de 168 paneles para la instalación. La planta también dispondrá de 6 inversores de 12 kW (cada uno de los inversores tendrá conectado 2 series de módulos).

Los módulos serán instalados en la cubierta de la nave industrial, mediante una estructura del tipo coplanar, teniendo una inclinación aproximada de 12°, y con una orientación de 32° respecto del sur (212° Suroeste).

Esto se debe principalmente a que la orientación del edificio no es perpendicular con respecto del sur, y resulta más eficiente organizar las placas en filas paralelas con respecto a los bordes del techo de la instalación, a hacer líneas diagonales que presentan mayor problema de distribución, aun mayor teniendo en cuenta la presencia de los lucernarios.

Por otro lado, la inclinación dista bastante de la ideal, puesto que en un principio debería ser próxima a los 35°, y a lo mucho presentar una variación de $\pm 18^\circ$, en función si se desea una mayor en los meses de invierno o verano (por lo tanto, el rango debería ser de entre 17° y 53° de ángulo de inclinación, sin embargo, esta inclinación se eligió en base a las restricciones que pueden observar en el estudio de cargas que se hace de la instalación).

Así pues, el resumen de características de la planta fotovoltaica, se muestra en la tabla 1:

TABLA 1. Características de la planta fotovoltaica
N.º de paneles campo solar: 168
Tipo de módulo: LONGI /LR5-72 HPH-550-M
Potencia Pico de la instalación: 94200 W
N.º de inversores: 6

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Tipo de inversor: SUN-12K-SG04LP3-EU
Potencia por inversores: 12 kW
Potencia Instalada*: 72 kW
Orientación: 32° S

6.- Descripción de la instalación

En el siguiente apartado se aportará información de los diferentes componentes que forman parte de instalación. Dicha información proveniente de las propias fichas técnicas que aportan las empresas fabricantes.

6.1.- Módulos fotovoltaicos

Se van a utilizar módulos de silicio monocristalino de elevado rendimiento. Estos módulos están homologados por el fabricante y, por tanto, garantizan una gran resistencia a la intemperie y un elevado aislamiento entre sus partes eléctricamente activas y accesibles externamente. Así pues, las características específicas de los módulos seleccionados se muestran en la tabla 2:

TABLA 2. Características del módulo fotovoltaico			
Fabricante	LONGI	Dimensiones (mm)	2256x1133x35
Modelo	LR5-72HPH-550M	Peso (kg)	32,3
Potencia (Wp)	550	NOCT (°C)	45+/- 2
I _{cc} (A)	13,99	Voltaje Máx Sistema	DC 1500 V (IEC/UL)
V _{oc} (V)	49,80	Tª Operación	-40°C hasta 85°C
I _{mp} (A)	13,12	Área (m ²)	2,56
V _{mp} (V)	41,95	Tolerancia (%)	Positiva 0/+3%

6.2.- Inversor:

Este elemento trabaja conectado por su lado DC a un generador fotovoltaico, y por su lado AC a un elemento electrónico que adapta la tensión de salida del inversor a la de la red. Permitiendo además el aislamiento galvánico entre la parte DC y la AC. Dado que se trata de un inversor híbrido, permite el uso de la red eléctrica convencional y el uso de baterías, dotando a la instalación de gran versatilidad.

Dispone de un microprocesador que garantiza una curva senoidal con una mínima distorsión los umbrales permitidos son:

- En frecuencia: 51 a 49 Hz
- En tensión: 1.1 a 0.85 U_m

La siguiente tabla resume las características específicas del inversor seleccionado:

Fabricante	TAB SPAIN
Modelo	SUN-12K-SG04LP3-EU
P _{nom} (W)	12000
V _{min} – V _{max} (V)	160-800
V _{mpp} (V)	200-650
η europeo (%)	96,5 %
Distorsión armónica (%)	<3%
Factor de potencia	1
I _{max in}	51 A (34+17)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

6.3.- Acumulador:

Se emplearán acumuladores de energía, los cuales no disponen de inversor integrado, por lo que funcionarán conectados al inversor previamente mencionado. Este elemento se cargará durante las horas de menor actividad, y se descargará durante a las horas pico, así como en situaciones de apagón, en donde funcionará como fuente de energía de respaldo.

Como se ha explicado, estas baterías son de la misma marca que la empresa titular, por lo que ya se encuentran en la empresa para su instalación.

Las siguientes tablas resumen las características de los acumuladores empleados:

TABLA 4.1. Características del acumulador	
Fabricante	TAB SPAIN
Modelo	CLEVER 2.2
Unidades	1
Capacidad nominal (Wh)	10.240
Capacidad utilizable (Wh)	10.000
Dimensiones (L*W*H, mm)	530 x 495 x 476
Peso (kg)	111
Tensión nominal (V)	51,2
Voltaje de descarga (V)	44,8
Voltaje de carga (V)	58,4

TABLA 4.2. Características del acumulador	
Fabricante	TAB SPAIN
Modelo	CLEVER 6.6
Unidades	5
Capacidad nominal (Wh)	30.720
Capacidad utilizable (Wh)	30.000
Dimensiones (L*W*H, mm)	530 x 495 x 1341
Peso (kg)	319,6
Tensión nominal (V)	51,2
Voltaje de descarga (V)	44,8
Voltaje de carga (V)	58,4

6.4.- Estructura soporte:

La estructura que emplearemos será el sistema S-Dome 6, o similar, de aluminio y lastrada. Los soportes de los módulos fotovoltaicos están compuestos de perfiles G2 de Aluminio EN AW 6005A T6 y Tornillería acero inoxidable A2-70, así como los anclajes de esta a la cubierta del edificio mediante varilla rosca con anclaje químico de M10, garantizan la resistencia a las acciones de viento según el CTE DB SE-AE (CODIGO TECNICO DE EDIFICACIÓN – SEGURIDAD ESTRUCTURAL- ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN).

La estructura soporte de los paneles fotovoltaicos se realizará sobre carriles de aluminio. Se dispondrán carriles paralelos horizontales por cada fila de paneles fotovoltaicos, a lo largo de las filas de paneles.

La fijación a los perfiles principales de la estructura se realizará mediante tornillería M10 de tipo acero inoxidable.

La sujeción del módulo fotovoltaico a la estructura se realiza en cuatro puntos de este, mediante piezas especiales de fijación, las cuales presionan el módulo contra el carril mediante tornillos.

Los materiales que se utilizarán son: Acero S-235, Aceros inoxidables AISI-304/AISI-316 y aleaciones de Aluminio 6060 T5- T6 para tornillería y fijaciones.

La estructura deberá conectarse eléctricamente a una toma de tierra. En general, ésta conviene que se ajuste a las especificaciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (Instrucción MI.BT.O39). La pica o barra de metal

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

(normalmente cobre) que se utilice para hundir en el suelo deberá ser suficientemente larga y, en caso de ser posible, enterrada en un lugar en que el terreno tenga tendencia a permanecer húmedo (por ejemplo, cerca del canalón de vertido sobre el suelo de las aguas pluviales, en caso de existir).

Así pues, el resumen de características de las cargas de la estructura se muestra en la tabla 5:

TABLA 5. Resumen de cargas	
Peso MFV	$32,3 / 2,56 = 12,62 \text{ kg/m}^2$
Peso Estructura	$(4,5+60) 64,5 \text{ kg/m}^2$
Peso Total	77,12 kg/m²

Para las cargas resultantes del sistema fotovoltaico y teniendo en cuenta la sobrecarga de uso de mantenimiento de la cubierta contemplada en el proyecto de construcción de la edificación (100 kg/m^2), se considera que las cargas aplicadas por la instalación no comprometen el funcionamiento estructural de ésta.

6.5.- Optimizador:

Emplearemos optimizadores TS4-A-O de hasta 700 W. Estos dispositivos tendrán como función reducir las pérdidas de sistema fotovoltaico, amentando así la eficiencia del conjunto.

En principio cada uno de los módulos tendrá un optimizar, estando estos mismo conectados al optimizador.

Así pues, estos dispositivos ofrecen una mayor confiabilidad, disponiendo así de una fácil instalación, así como una puesta en marcha inteligente.

La siguiente tabla resume las características del optimizador empleado:

TABLA 6. Características del optimizador	
Fabricante	TIGO
Modelo	TS4-A-O
Rango de voltaje de entrada (V)	16-80
Corriente máx. (A)	15
Dimensiones (L*W*H, mm)	139,7 x 138,4 x 22,9
Peso (kg)	0,52
Potencia máxima (W)	700

6.6.- Medidor:

Emplearemos un dispositivo, el cual nos sirva de contador para calcular la energía eléctrica producida y al mismo tiempo saber el consumo que tiene la nave industrial, y por lo tanto la demanda que estamos haciendo a la red.

De esta manera podemos emplear dispositivos tales como el UMG 806 E-PRO de la marca Janitza, que nos aporta gran variedad de ventajas.

Con todo esto, y ajustando el inversor para un funcionamiento de inyección cero a la red, para el almacenamiento de energía en baterías, podemos hacer que el sistema funcione correctamente.

7.- Comprobación de parámetro de funcionamiento de la instalación

En las siguientes tablas se resumen los rangos de funcionamiento, así como los valores empleados y calculados en cada tramo de la instalación:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

TABLA 7. Rango de funcionamiento del Inversor SUN-12K-SG04LP3-EU	
Módulos FV por serie	12X14 MFV en serie
Nº de Series	2 series
Tensión Máxima Admisible por el Inversor	800 V
Rango de Trabajo del Inversor	160-800 V
Rango de Trabajo del Inversor MPPT	200-650 V
Tensión en Circuito Abierto del Módulo FV	Voc = 49,80 V
Intensidad en Cortocircuito Módulo FV	Sc = 13,99 A
Tensión Máxima en el Inversor	14 x 49,80 = 697 V < Vmax 800 V
Tensión de Trabajo mínima en el Inversor	14 x 41,95 = 587,3 V > Vmin 160 V
Intensidad Máxima Admisible por el Inversor MPPT 1	1 x 13,12 = 13,12 A < Imax 17 A
Intensidad Máxima Admisible por el Inversor MPPT 2	1 x 13,12 = 13,12 A < Imax 17 A

TABLA 8. Corriente Continua C.C. - Tramo serie 14 MFV	
Tensión Mínima	160 V
Potencia Máxima	7700 W
Intensidad de Máxima en Serie	13,12 A
Icc en Serie	13,99 A
Intensidad de Máxima Potencia de Serie en Paralelo	NA
Sección Conductor Teórica	4,65 mm ²
Sección Conductor Bucle en Serie	6 mm ²
Longitud Conexión Módulos-Inversor	120 m
Protecciones por Serie	
Fusible CC	20 A / 1000 V por Serie

TABLA 9. Corriente Alterna C.A. Tramo salida Inversor	
Tensión	400 V
Potencia Máxima	12000 W
Intensidad de Máxima Potencia	21,65 A
Intensidad nominal	17,32 A
Longitud	25 m
Caída de Tensión:	1 %
Sección Conductor Teórica	2,60 mm ²
Sección Conductor-Normalizada	4 mm ²
Protecciones	
Diferencial	Tetrapolar 400 V / 40 A / 0,03 A
Magnetotérmico	Tetrapolar 400 V / 25 A

TABLA 10. Corriente Alterna C.A. Tramo LGA	
Tensión:	400 V
Potencia Máxima:	72000 W
Intensidad de Máxima Potencia:	103,92 A
Longitud:	15 m
Caída de Tensión:	1 %
Sección Conductor Teórica:	9,38 mm ²
Sección Conductor-Normalizada:	10 mm ²
Protecciones:	
Disyuntor IGA:	Tetrapolar 400 V / 125 A
Disyuntor seccionador:	Tetrapolar 400 V / 125 A

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

8.- Balance energético y medioambiental

Para calcular la producción de las placas emplearemos los datos aportados por el programa "PVGIS", y en función del nivel de precisión que deseemos, emplearemos datos anuales, mensuales o incluso diarios, a fin de conseguir un mayor nivel de precisión.

Para esta ocasión con los datos anuales sería suficiente, dado que la empresa no nos ha aportado gran cantidad de información o detalles específicos de su consumo. Principalmente operaremos con los datos que podamos extraer de la factura eléctrica que nos ha aportado para el estudio de la instalación, la cual propiamente contiene los consumos del último año. Como se puede observar en la figura 4:

Consumos históricos

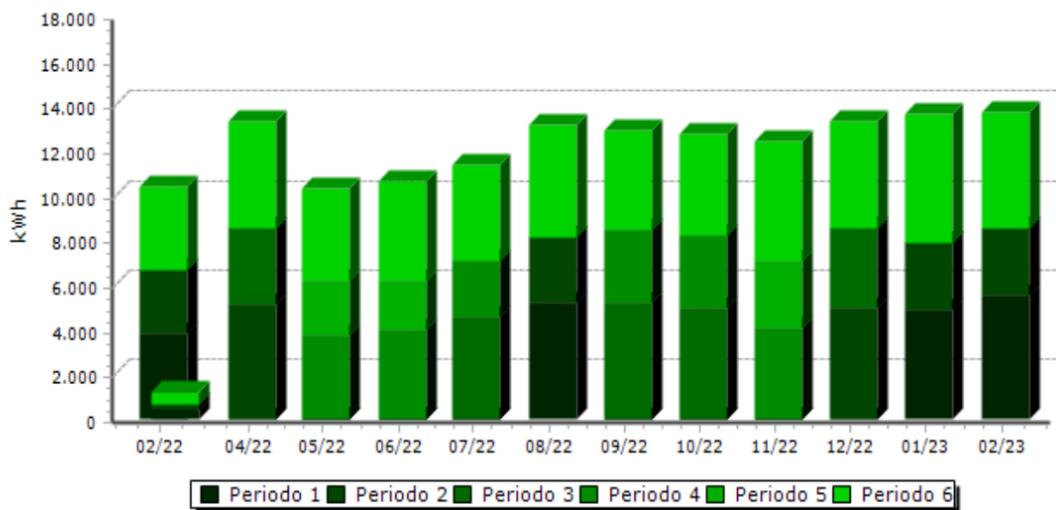


Figura 4. Consumos previos a la instalación del sistema [kWh-mes] (Datos de factura eléctrica de "fenie energía")

Estos datos se emplearán principalmente con el programa "PV*SOL", para hacer un correcto estudio de la instalación y poder observar los flujos de energía que habrá una vez estén todos los componentes de la instalación. De esta forma incluiremos los datos como se muestra en la figura 5:

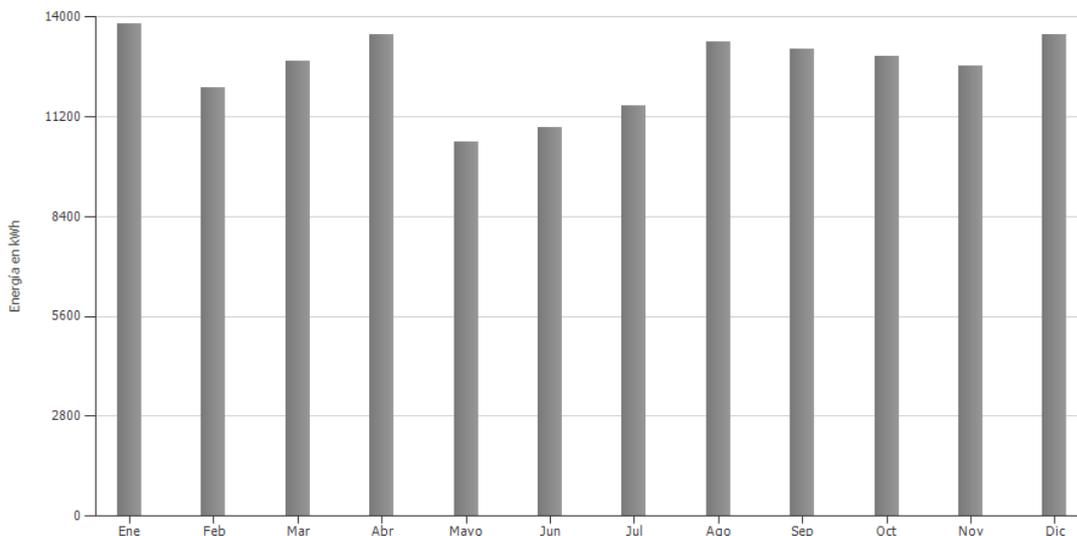


Figura 5. Consumos empleados para el estudio de la instalación (PV*SOL)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Conociendo el consumo, también tendremos que buscar y estudiar la producción de energía que se obtendrá a partir del emplazamiento de la instalación, así como por las condiciones en la que se encuentra el sistema. De esta forma el programa PV*SOL, nos ofrece diferentes aplicaciones de datos solares tales como: Meteonorm 8, Valentin Software DWD TMY 3, Solcast, etc. Pero en esta ocasión emplearemos los datos del programa PVGIS, más concretamente de la fuente "PVGIS-SARAH2", siendo una de las más recientes, y de las cuales podemos obtener información con gran facilidad.

De esta manera obtenemos los siguientes datos del programa "PVGIS", tras completar la información presentada anteriormente.

TABLA 11. Estimación de la producción de electricidad fotovoltaica
Localidad (Provincia): Barcelona
Localización: Barberà del Valles
Pérdidas combinadas del sistema FV: 18%
Potencia Pico: 92,4 kW
Inclinación Campo Solar: 12°
Orientación de los módulos (E: -90; S:0): 32°

TABLA 12. Energía media mensual	
<i>Mes</i>	<i>kWh</i>
Enero	6.542
Febrero	7.515
Marzo	10.709
Abril	11.946
Mayo	14.105
Junio	14.686
Julio	15.083
Agosto	13.474
Septiembre	10.545
Octubre	8.362
Noviembre	6.318
Diciembre	5.877
MEDIA ANUAL	125.161,95

TABLA 13. BALANCE ENERGÉTICO
<i>Producción energética media diaria (kWh/día) 342,91</i>
<i>Producción energética media mensual estimada (kWh) 10.430,16</i>

Si deseamos profundizar en el estudio del balance energético, podemos emplear la herramienta PV*SOL, la cual nos dará un resumen de resultados con todas las producciones, así como los balances de energía producida, almacenada y obtenida por red. Sin embargo también podemos calcularlo manualmente para tener una referencia aun siendo esta de menor precisión.

Para ello utilizaremos los datos mensuales de radiación que nos ofrece el programa PV*GIS, así como la potencia nominal de la placa seleccionada. Aplicaremos la siguiente formula para obtener la potencia neta de la placa:

$$P_{pico-placa} = \frac{P_{neta-placa} * Irradiancia \left(\frac{W}{m^2}\right)}{1000^2}$$

Sin embargo, este valor es puramente teórico y no tendrá en cuenta variaciones reales, por lo que para calcular la potencia real que podemos producir en la instalación tendremos en cuenta el número de placas y unas pérdidas en torno al 18%, de manera que calcularíamos:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

$$P_{real} = N^{\circ} \text{placas} * P_{max-placa} * 0,82$$

De esta manera podemos obtener las producciones mensuales como se muestra en la tabla 14:

Time(UTC+)	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
0:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5:00	0,00	0,00	0,00	0,00	58,23	81,76	57,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6:00	0,00	0,00	0,00	100,18	221,19	271,38	202,96	38,30	63,58	0,00	0,00	0,00
7:00	0,00	32,79	166,60	443,85	647,05	639,17	607,59	486,63	343,91	190,39	43,64	0,00
8:00	165,32	308,54	611,25	936,47	1133,96	1176,12	1061,06	978,04	819,85	628,35	381,49	215,27
9:00	564,14	758,55	1105,30	1421,85	1534,02	1625,05	1536,87	1458,35	1236,87	1088,01	807,54	618,11
10:00	957,75	1181,99	1538,94	1828,05	1971,21	1934,47	1918,65	1861,52	1694,36	1469,18	1172,85	987,53
11:00	1253,07	1500,51	1854,20	2111,48	2229,63	2250,37	2189,46	2146,43	1966,05	1720,50	1415,72	1245,67
12:00	1406,61	1673,29	2018,14	2246,42	2347,49	2371,80	2326,54	2288,30	2085,48	1814,24	1504,88	1356,25
13:00	1397,85	1679,96	2014,24	2220,19	2314,26	2348,39	2318,13	2274,56	2040,32	1738,68	1427,37	1303,40
14:00	1222,72	1515,73	1839,19	2031,58	2129,62	2179,32	2162,31	2103,40	1830,52	1496,17	1185,77	1087,17
15:00	893,42	1191,20	1503,68	1692,01	1804,61	1874,54	1867,89	1784,74	1469,95	1105,21	799,65	723,39
16:00	443,62	737,17	1036,74	1229,62	1365,06	1457,25	1457,06	1343,42	991,60	607,99	299,07	237,46
17:00	0,00	210,59	497,17	697,85	857,53	968,77	970,57	825,98	460,23	105,86	0,00	0,00
18:00	0,00	0,00	0,00	200,61	361,55	476,83	476,53	316,22	0,00	0,00	0,00	0,00
19:00	0,00	0,00	0,00	0,00	29,57	92,07	89,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
21:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
23:00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
TOTAL	8305,08	10790,33	14185,46	17160,18	19064,97	19867,28	19262,83	17965,91	15062,72	11964,59	9038,00	7774,25

Con ello y los consumos mensuales que se aportan en la factura eléctrica del titular podemos comparar los excesos producidos, es decir, podremos ver si la instalación producirá la energía suficiente para consumo de la nave, o si se necesitara de sistemas de respaldo tales como el uso de batería o de la red eléctrica para el correcto funcionamiento de la empresa titular. De esta manera unos resultados aproximados serian los que se muestran en la tabla 15.

	CONSUMO (kWh)	PRODUCCION (kWh)	EXCESOS (kWh)
ENERO	13800	8305,079743	-5494,920257
FEBRERO	12000	10790,33	-1209,67
MARZO	12750	14185,4615	1435,461499
ABRIL	13500	17160,17986	3660,179855
MAYO	10500	19064,96919	8564,969191
JUNIO	10900	19867,27503	8967,275028
JULIO	11500	19262,83278	7762,832777
AGOSTO	13300	17965,91495	4665,914952
SEPTIEMBRE	13100	15062,7178	1962,717799
OCTUBRE	12900	11964,59307	-935,4069288
NOVIEMBRE	12600	9038,001791	-3561,998209
DICIEMBRE	13500	7774,249135	-5725,750865
TOT. ANUAL	150350	170441,6048	20091,60484
% EXCESOS ANUAL			13,363

Por otro lado, para conocer la cantidad de emisiones de CO2 evitadas necesitaremos el "factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico" en este caso de España. Buscando encontraremos la siguiente información:

"El mix eléctrico es el valor que expresa las emisiones de CO2 asociadas a la generación de la electricidad que se consume, siendo un indicador de las fuentes energéticas que utilizamos para producir la electricidad. Cuanto menor es el mix, mayor es la contribución de fuentes energéticas bajas en carbono.

El mix de la red eléctrica española publicado por la CNMC en el Acuerdo sobre etiquetaje de la electricidad relativo a la energía producida en el año 2022 en fecha 3 de mayo de 2023 es 273 g CO2eq/kWh." (Factor de emisión de la energía eléctrica: el mix eléctrico. (s/f). Cambio climático. Recuperado el 31 de julio de 2023, de <https://canviclimatic.gencat.cat/es/actua/factors-demissio-associats-a-lenergia/index.html>)

Por lo que podemos calcular el balance medioambiental como:

$$\text{Emisiones CO2 evitadas} = \text{Energía media anual (kWh)} * 273 \left(\frac{\text{grCO2}}{\text{kWh}} \right) = 125.161,95 * 273$$

$$= 34.169.212,35 \text{ grCO2} = 34,16 \text{ toneles de CO2}$$

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

9.- Reporte fotográfico

Para tener una mayor comprensión del entorno de la instalación, emplearemos imágenes 3D tanto de la planta (figura 6) como del perfil (figura 7) de la nave en donde se colocarán los módulos. De esta manera, se puede observar con mayor detalle todos los obstáculos que se encuentran alrededor, así como entender su influencia sobre el proyecto.

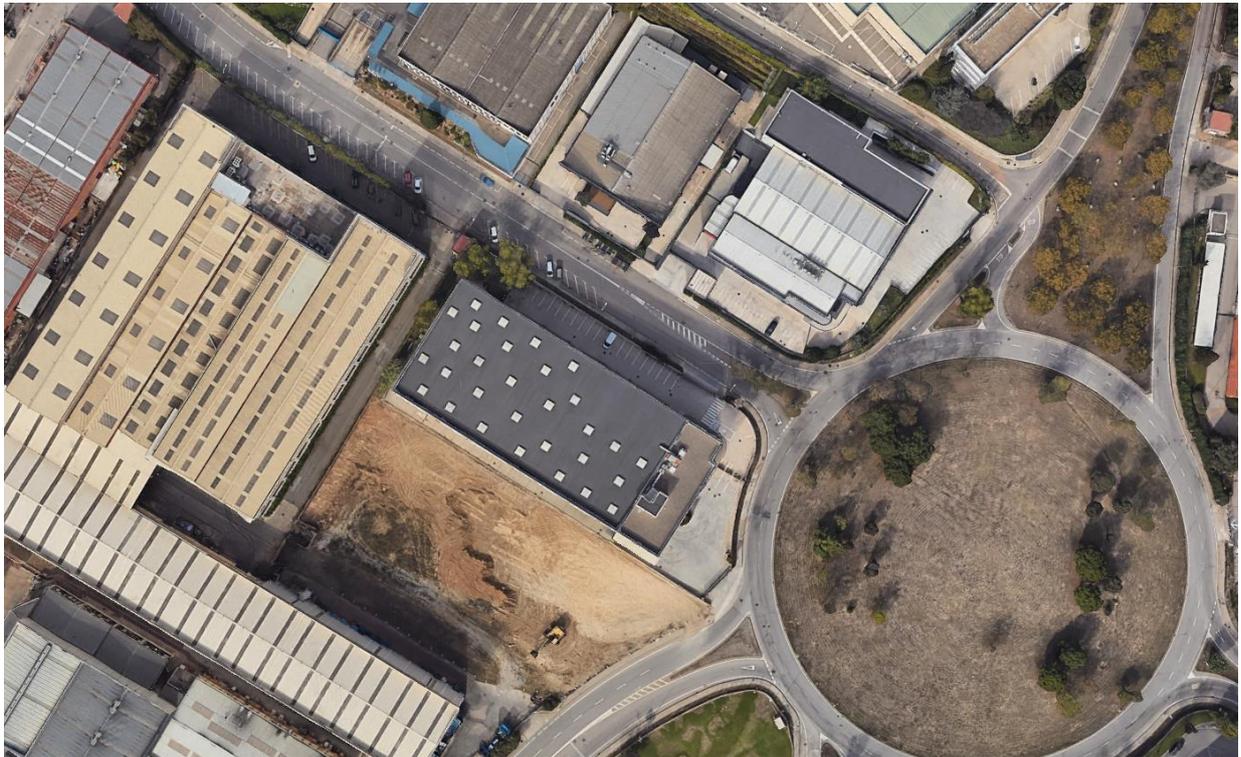


Figura 6. Imagen 3D Punto de vista en planta (Google Earth)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial



Figura 7. Imagen 3D Punto de vista planta-perfil (Google Earth)

10.- Efecto medioambiental y contribución a los ODS

Como se verá en los estudios realizados para garantizar el buen funcionamiento de la instalación, la instalación tendrá un fuerte impacto medioambiental dada las emisiones de CO₂ que se evitarán gracias a la energía producida por la instalación.

Así pues, también el sistema eléctrico y también los consumidores se verán beneficiados debido a los efectos del autoconsumo. En donde podemos resaltar:

- La fomentación de actividad económica y la generación de empleo en la zona.
- La fomentación de una electrificación económica, que a su vez contribuye al incremento de la economía libre de carbono.
- La contribución a la sustitución de fuentes de energías más contaminantes.
- Permite el desarrollo de entorno antropizados, y tiene un menor impacto ambiental.
- Se fomenta una reducción del término variable de la energía eléctrica consumida en la red.
- Al hacer sistemas monitorizados, se desarrolla un mayor control de los gastos energéticos tanto de producción como de consumo. Así como se genera independencia respecto de la variabilidad de precios producidos en la generación de energía procedente de los combustibles fósiles, los cuales repercuten en los precios del mercado eléctrico.

Con respecto a los Objetivos de Desarrollo Sostenible, podemos ver que tiene un claro impacto sobre los puntos:

- ODS 3. Salud y bienestar
- ODS 7. Energía asequible y no contaminante
- ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico
- ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- ODS 12. Producciones y consumos responsables
- ODS 13. Acción por el clima.



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 3. CÁLCULOS ELÉCTRICOS Y PROTECCIONES

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- Módulos fotovoltaicos

La potencia que se busca producir en este proyecto es de alrededor de 90 kWp, por lo que, para calcular el número de placas, tendremos en cuenta los límites de voltaje vistos anteriormente por parte del inversor empleado. Del mismo modo buscaremos que el sistema este equilibrado, es decir, que cada uno de los inversores trabaje con la misma cantidad de potencia. De esta manera obtenemos que se pueden conectar dos series de hasta 14 módulos fotovoltaicos respetando los requisitos del inversor, así como el espacio disponible en el tejado.

Así pues, también conocemos que la potencia nominal de los módulos es de 550 W, por lo que cada serie de 14 módulos aportará un total de 7,7 kW al sistema. De esta manera para completar los 90 kW se necesitarán:

$$N^{\circ} \text{ series de módulos} = \frac{\text{Potencia a instalar (W)}}{\text{Potencia de una serie de módulos (W)}} = \frac{90 \text{ kW}}{7,7 \text{ kW}} = 11,68 \text{ series}$$

Como se ha mencionado anteriormente buscamos un sistema equilibrado, además de que no se penalizan las producciones por encima de los 90 kWp. De esta manera se emplearán un total de 12 series (2 por inversor). Obteniendo así un total de:

$$kWp \text{ generados} = n^{\circ} \text{ placas} * \text{Pot. nominal} = 12 * 14 * 550 = 168 * 550 = 92,4 \text{ kWp}$$

El número de módulos que se pueden conectar en cada una de las entradas del inversor viene determinado por las características del inversor que se pueden observar en su ficha técnica (datos de entrada de cadena fotovoltaica). Siendo en este caso de 160 a 800V.

De esta manera conociendo el valor de Voc de los módulos fotovoltaicos (49,8 V) y suponiendo una conexión 14 módulos en serie, obtenemos una tensión de línea de:

$$V_{mp} * n^{\circ} \text{ placas en serie} = 49,8 * 14 = 697,2 \text{ V}$$

$$160 \text{ V} < 697,2 \text{ V} < 800 \text{ V}$$

De esta manera estamos dentro de los límites establecidos por ficha técnica del inversor. Podríamos también calcular el máximo que nos permite el inversor, que sería entorno a unos 16 módulos y aun respetaríamos el margen de los 800 V, pero emplearemos series de 14 placas para una mejor distribución de las placas sobre espacio disponible en el tejado y una distribución equitativamente la cantidad de módulos por inversor. De esta manera al disponer de 6 inversores, tenemos que:

$$N^{\circ} \text{ módulos por inversor} = \frac{n^{\circ} \text{ módulos}}{n^{\circ} \text{ inversores}} = \frac{168}{6} = 28$$

Conociendo que disponemos de más de un MPPT, podemos distribuir los módulos de manera que tengamos 14 módulos por cada entrada MPPT, empleando una distribución 1+1 MPPT.

Dado que la Isc de los módulos es de 13,99 A y que la máxima Isc que soporta el inversor por cada una de sus entradas MPPT es de 17 A, no habrá ninguna distribución en paralelo, a cada MPPT le llegará una línea de 14 placas fotovoltaicas.

De esta manera si tenemos 2 líneas por inversor y empleamos 6 inversores en la instalación, dispondremos de un total de 12 líneas en total.

Para calcular esto emplearemos la información dada por el "PVGIS", respetando la inclinación y la orientación de la instalación. De esta manera los datos de radiación serían:

TABLA 16. Radiaciones mensuales	
Mes	Radiación (kWh/m ²)
Enero	91,8
Febrero	105,5
Marzo	152,1
Abril	172,9
Mayo	208,4
Junio	221,2
Julio	229,7

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Agosto	204,1
Septiembre	156,7
Octubre	121,7
Noviembre	90,5
Diciembre	82,7

De esta manera conociendo que tenemos una intensidad por línea de 13,99 A y un total de 12 líneas en toda la instalación, podemos obtener las siguientes producciones mensuales:

TABLA 17. Producciones mensuales	
Mes	Producción mensual (Ah/año)
Enero	15.411,384
Febrero	17.711,34
Marzo	25.534,548
Abril	29.026,452
Mayo	34.986,192
Junio	37.135,056
Julio	38.562,036
Agosto	34.264,308
Septiembre	26.306,796
Octubre	20.430,996
Noviembre	15.193,140
Diciembre	13.883,676

Sumaremos todas las producciones mensuales para así obtener la producción teórica anual:

$$Producción\ anual\ (Ah/año) = \sum Producción\ mensual = 308.445,924\ (Ah/año)$$

Para pasarlo a Wh/año, simplemente multiplicaremos por la tensión pico calculado anteriormente por línea, de esta manera obtenemos:

$$\begin{aligned} Producción\ anual\ (Wh/año) &= Producción\ anual * Tensión\ instalación\ pico \\ &= 308.445,924\ (Ah/año) * 697,2\ (V) = 215.048.498,2\ (Wh/año) \end{aligned}$$

Con todo ello podemos calcular el coeficiente Wh/Wpico:

$$Coeficiente = \frac{Producción\ anual\ (Wh/año)}{Potencia\ pico\ (W)} = \frac{215.048.498,2}{92.400} = 2.327,3646\ H/AÑO$$

De esta manera podemos observar que los cálculos realizados tienen bastante consistencia, puesto que en Barcelona se disponen de hasta 2400 horas de sol.

Ahora bien, simplemente hemos calculado de manera sencilla y teórica las producciones anuales, pero sin incluir ningún tipo de pérdida.

De esta manera consideraremos unas pérdidas de un 20% debidas al rendimiento de los inversores, las placas (por rendimiento, temperatura, suciedad, etc.), la caída de tensión de los cables, etc.

De esta forma la producción será de:

$$\begin{aligned} Producción\ anual\ (Wh/año) &= Producción\ anual * (100\% - Pérdidas) \\ &= 215.048.498,2\ \left(\frac{Wh}{año}\right) * 0,8 = 172.038.798,6\ (Wh/año) \end{aligned}$$

Y por lo tanto el coeficiente real será de:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

$$\text{Coeficiente} = \frac{\text{Produccion anual (Wh/año)}}{\text{Potencia pico (W)}} = \frac{172.038.798,6}{92.400} = 1.861,8917 \text{ H/AÑO}$$

Así pues, el fabricante nos informa que el primer año habrá una degradación de la potencia de los paneles <2% (supondremos directamente un 2%), y a partir de este primer año (con un 98%) hasta el 30º año, esta degradación llegará a reducir la potencia hasta un 84,95% de la que producía en un principio.

Es decir, desde el primer año (98%) hasta el 30º (84,95%), habrá unas pérdidas del 13,05%. O visto de otra manera, por cada uno de estos 29 años, la potencia que puede producir la placa se reducirá en un 0,45%, como bien nos indica el proveedor en la figura 8.

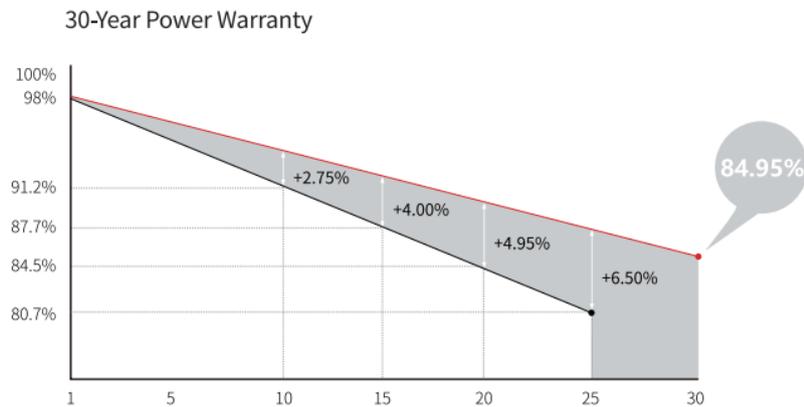


Figura 8. Garantía de rendimiento del módulo fotovoltaico [%-años](Ficha técnica del panel)

De esta manera, podemos saber la energía producida por cada año, calculando:

$$\text{Energía del año } (x) = \text{energía del primer año} * [0,98 - (0,0045 * (x - 1))]$$

Así se podrán calcular la producción de cada año contando con todas las pérdidas.

Con todo ello podemos construir una tabla con la energía anual, como se muestra en la figura 9:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Año	[0,98-(0,0045*(Año-1))]	Energía anual (Wh/año)
1	0,98	168598022,6
2	0,9755	167823848
3	0,971	167049673,4
4	0,9665	166275498,8
5	0,962	165501324,2
6	0,9575	164727149,6
7	0,953	163952975
8	0,9485	163178800,4
9	0,944	162404625,9
10	0,9395	161630451,3
11	0,935	160856276,7
12	0,9305	160082102,1
13	0,926	159307927,5
14	0,9215	158533752,9
15	0,917	157759578,3
16	0,9125	156985403,7
17	0,908	156211229,1
18	0,9035	155437054,5
19	0,899	154662879,9
20	0,8945	153888705,3
21	0,89	153114530,7
22	0,8855	152340356,1
23	0,881	151566181,5
24	0,8765	150792006,9
25	0,872	150017832,4
26	0,8675	149243657,8
27	0,863	148469483,2
28	0,8585	147695308,6
29	0,854	146921134
30	0,8495	146146959,4

Figura 9. Producción energética anual estimada

Esto nos será de gran ayuda para conocer el tiempo necesario para amortizar la inversión de la instalación, en el caso de que inyectáramos toda la energía a la red. De igual forma también emplearemos el estudio desarrollado por el programa "PV*SOL", a fin de comprender mejor la viabilidad de la instalación.

2.- Secciones de cableado

Se utilizará cable de Cu flexible, clase 5, con aislamiento XPLE y cubierta PVC, de sección según los cálculos que se desarrollarán más adelante, tanto para el tramo de continua, que discurre desde las cajas de conexión de cada módulo hasta el inversor, como para el tramo de alterna, desde el inversor hasta el punto de conexión. En la parte CC, los cables de cada polo (+/-) se conducirán independientemente. En la parte CA, se utilizará cableado unipolar para los tramos monofásicos y trifásicos.

La elección de la sección de cableado se basa en dos criterios: el térmico y el de la caída de tensión. Para determinar la sección de los conductores se tendrá en cuenta el apartado 5 de la ITC-BT-40 del REBT, donde se cita:

"Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior, no será superior al 1.5 %, para la intensidad nominal."

Ambos criterios se deben a la resistencia ofrecida por el cable, naciendo el térmico del efecto Joule, que supone una emisión de calor que debe quedar por debajo de la capacidad soportada por el cable, y el de la caída de tensión siendo igualmente dependiente de la intensidad transportada. El criterio de caída de tensión suele resultar más restrictivo.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Criterio térmico:

- Tramo CC: La intensidad máxima transportada en cada serie corresponde a la de cortocircuito del módulo escogido. Esta corriente es de 13,99 A para el módulo LR5-72HBD-550M. Por seguridad, se tomará un valor para los cálculos un 125 % de esta corriente, cumpliendo con lo indicado en la ITC-BT 40 para instalaciones generadoras. Esta corriente debe ser inferior a la máxima admisible por el cable en todo el trazado.

$$P = V \times I_{max}$$

- Tramo AC: La intensidad máxima transportada estará dada por la siguiente expresión:

$$P = V \times I_{max} \times \cos \varphi \quad \text{Líneas Monofásicas}$$

$$P = \sqrt{3} \times V \times I_{max} \times \cos \varphi \quad \text{Líneas Trifásicas} \quad (1)$$

Donde:

- P es la máxima potencia generada por el inversor seleccionado, valor límite de la potencia inyectada
- V es la tensión de red.
- El cos φ se fija en 1.
- La corriente por los tramos comunes a varios inversores será la suma de la máxima aportada por cada inversor. (Esta corriente debe ser inferior a la máxima admisible por el cable en todo el trazado.)

Criterio de caída de tensión:

La caída máxima en la parte CC y en la parte AC deberá ser inferior al 1,5 %.

Con estas premisas se obtienen las distancias máximas de cableado, mediante la relación, donde L_{cc} es la longitud de bucle y L_{ac} es la longitud de recorrido lineal.

$$S = \frac{L_{cc} \times I}{K \times \Delta U} \quad (2)$$

$$S = \frac{2 \times L_{ac} \times I}{K \times \Delta U} \quad (3)$$

Donde:

- S: Sección del conductor en milímetros cuadrados [mm²]
- ΔU : Caída de tensión en voltios [V].
- L_{cc}: Longitud de conexión módulos - inversor en metros [m]
- I: Intensidad máxima en amperios [A]
- K: Conductividad del conductor [m/ Ω mm²] (56 para Cu)
- L_{ac}: Longitud de recorrido lineal en metros [m]

Sección de conductores de protección:

Para dimensionar los conductores de protección tendremos en cuenta el apartado 3.4 de la ITC-BT-18, la cual nos aporta una tabla para elegir el tamaño de la sección del cable en función de la sección de los conductores de fase como se muestra en la figura 10.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

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

Figura 10. Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase

Como ninguna de las secciones superará los 16 mm², el tamaño del cableado de protección será el mismo que el de las fases.

Comprobación de intensidad máxima admisible:

Para comprobar que la intensidad de diseño está por debajo de la intensidad máxima del circuito en base a los criterios de RE-BT, calcularemos el valor máximo de corriente que atraviesa la línea y buscaremos un conductor que soporte dicha corriente, tras ello comprobaremos que la sección empleada soporta una tensión mayor a la máxima calculada:

$$I_o = \frac{I_z}{K1 * K2 * K3} \quad (4)$$

Siendo así:

- I_o , intensidad máxima admisible en el conductor en servicio permanente según composición del conductor y condiciones de instalación.
- I_z , intensidad admisible en el conductor en servicio.
- $K1$, factor que depende de la temperatura ambiente.
- $K2$, factor a aplicar por agrupación de cables.
- $K3$, factor dependiente de las condiciones de instalación; exposición al sol, calor generado por otras fuentes y factor reglamentario a aplicar cuando proceda, etc.

Para la salida de los módulos fotovoltaicos calcularemos:

$$\text{Corriente máxima PV} \rightarrow Ib1.1 = 125\% * I_{sc_{max}}$$

$$\text{Corriente con carga continua y coef. perdidas PV} \rightarrow Ib2 = \frac{1,25 * I_{sc}}{K1 * K2 * K3}$$

De cualquiera de las fórmulas buscaremos comprobar que se cumpla: $I_o > I_z$.

3.- Cálculos de líneas

Tramo de continua para serie de 14 módulos fotovoltaicos:

En condiciones óptimas de funcionamiento de los módulos se tiene la máxima potencia, lo cual, desde el punto de vista para el cálculo de sección, supone el caso más desfavorable.

Por lo tanto, se obtiene:

- Tensión (U): 587,30V.

$$V_{mp} * n^{\circ} \text{ placas en serie} = 41,95 * 14 = 587,3 V$$

- Caída de Tensión (ΔU): 1,5%.

Multiplicando la Tensión por la Intensidad máxima se obtiene la potencia máxima transportada en el circuito de continua, en cada grupo fotovoltaico. Para determinar la sección de los conductores se valorará tanto el criterio para capacidad térmica como el de caída de tensión.

Para el criterio de capacidad térmica se empleará una tabla Intensidad-Sección:

Intensidad máxima admisible para cables conductores de cobre al aire.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Para el criterio de caída de tensión se tendrá en cuenta la expresión (2), siendo la máxima caída de tensión total de 1.5 %
Módulos-Inversor: 1 % de 587.30 V = 8.81 V (Series CC)

Tramo de Línea	Lcc [m]	I [A]	K [m/Ω mm²]	ΔU [V]	S [mm²]	S [mm²]
12 series de 14 MFV	120	13.12	48	8.81	4.65	6

Tipo de Cable: H1Z2ZZ-K de sección mínima 6 mm² con recubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Ej. Cable RZ con aislante de polietileno reticulado (R) y conductores de aluminio cableados en hélice visible (Z).

Para comprobar las intensidades máximas admisibles empleamos la ecuación (4), obteniendo así:

$$I_{b1} = 125\% * I_{sc_{max}} = 1,25 * 1,25 * 13,99 = 21,85 A \rightarrow 2,5mm^2$$

- K1 = 0.96
- K2 = 1
- K3 = 0.9

$$I_{b2} = \frac{1,25 * I_{sc}}{K1 * K2 * K3} = \frac{1,25 * 13,99}{0,96 * 1 * 0,9} = 20,24 A \rightarrow 2,5mm^2$$

$$I_{z\#2,5mm^2} = 25 * 0,96 * 1 * 0,9 = 21,6 A \nlessgtr 21,85 A$$

$$I_{z\#4mm^2} = 34 * 0,96 * 1 * 0,9 = 29 A > 21,85 A$$

Teóricamente tendríamos suficiente con emplear un cable de 4 mm², pero haremos uso de un cable de 6 mm², dado que el criterio de caída de tensión nos es más restrictivo.

Tramo de alterna C.A. – Salida inversor 12 kW

Teniendo en cuenta el apartado 5 de la ITC-BT-40 donde se cita:

“Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión, no será superior al 1%, para la intensidad nominal.”

Por tanto: Para la instalación de 12000 W

- Tensión nominal (U): 400 V
- Longitud de la línea Trifásica (Lca): 25 m
- Caída de tensión (ΔU): 1,5 %

Para determinar la sección también se utilizará el criterio para capacidad térmica y el de caída de tensión, atendiendo como no, al más desfavorable.

Utilizando la fórmula (1), se obtiene:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi} = 17,32$$

Por ser instalación generadora según ITC-BT-40 y aplicando el coeficiente de corrección y seguridad del 125 % tendremos:

$$I_{max} = 21,65 A$$

Calculando la sección, según la caída de tensión:

$$1,5\% * 400 = 6 V$$

De la expresión (3):

$$S = \frac{P * L}{\rho * e * V} = 2,6 mm^2 \rightarrow 4 mm^2$$

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Se adopta el criterio de intensidad máxima. Entonces para todas las líneas de alterna la sección será de 4 mm². Garantizamos así una CDT inferior al 1,5 %.

Tipo de Cable: H1Z2ZZ-K de sección mínima 4 mm² conrecubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Ej. Cable RZ con aislante de polietileno reticulado (R) y conductores de cobre cableados en hélice visible (Z).

Tramo de Línea	Lcc [m]	I [A]	K [m/ Ω mm ²]	ΔU [V]	S [mm ²]	S [mm²]
Tramo salida INVERSORES	25	21,65	48	6	2,6	4

Para comprobar las intensidades máximas admisibles empleamos la ecuación (4), obteniendo así:

- K1 = 0.96
- K2 = 1
- K3 = 1

$$I_o = \frac{I_z}{K_1 * K_2 * K_3} = \frac{21,65}{0,96 * 1 * 1} = 22,55 \text{ A}$$

De esta manera se cumple que: 22,55 A > 21,65 A.

Teóricamente tendríamos suficiente con emplear un cable de 4 mm².

Tramo de alterna C.A. - LGA

Teniendo en cuenta el apartado 5 de la ITC-BT-40 donde se cita:

“Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador y la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión, no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal.”

Por tanto: Para la instalación de 72000 W

- Tensión nominal (U): 400 V
- Longitud de la línea Trifásica (Lca): 15 m
- Caída de tensión (ΔU): 1.5 %

Para determinar la sección también se utilizará el criterio para capacidad térmica y el de caída de tensión, atendiendo como no, al más desfavorable.

Utilizando la fórmula (1), se obtiene:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\phi} = 103,92 \text{ A}$$

Por ser instalación generadora según ITC-BT-40 y aplicando el coeficiente de corrección y seguridad del 125 % tendremos:

$$I_{max} = 129,9 \text{ A}$$

Calculando la sección, según la caída de tensión:

$$1,5\% * 400 = 6 \text{ V}$$

De la expresión (3):

$$S = \frac{P * L}{\rho * e * V} = 9,38 \text{ mm}^2 \rightarrow 10 \text{ mm}^2$$

Se adopta el criterio de intensidad máxima. Entonces para todas las líneas de alterna la sección será de 10 mm². Garantizamos así una CDT inferior al 1.5 %.

Tipo de Cable: H1Z2ZZ-K de sección mínima 10 mm² conrecubrimiento tal que garantice una buena resistencia a las acciones de la intemperie. Ej. Cable RZ con aislante de polietileno reticulado (R) y conductores de cobre cableados en hélice visible (Z).

Tramo de Línea	Lcc [m]	I [A]	K [m/ Ω mm ²]	ΔU [V]	S [mm ²]	S [mm²]
Tramo LGA	15	103,9	48	6	9,38	10

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Para comprobar las intensidades máximas admisibles empleamos la ecuación (4), obteniendo así:

- $K1 = 0.96$
- $K2 = 1$
- $K3 = 1$

$$I_o = \frac{I_z}{K1 * K2 * K3} = \frac{103,9}{0,96 * 1 * 1} = 108,23 \text{ A}$$

De esta manera se cumple que: $108,23 \text{ A} > 103,9 \text{ A}$.

4.- Protecciones

Cortocircuitos: el cortocircuito es un punto de trabajo no peligroso para el generador fotovoltaico, ya que la corriente está limitada a un valor muy cercano a la máxima de operación normal del mismo.

El cortocircuito puede, sin embargo, ser perjudicial para el inversor. Como medio de protección se incluyen Magnetotérmicos de CC específicos en cada Serie, y además se añaden un dispositivo de protección contra sobrecargas.

Para las personas es peligrosa la realización o eliminación de un cortocircuito franco en el campo generador, por pasar rápidamente del circuito abierto al cortocircuito, lo que produce un elevadearco eléctrico, por la variación brusca en la corriente. Como medida de protección a las personas frente a este caso es por tanto recomendable la conducción separada del positivo y del negativo. Así se evita la realización o eliminación accidental de un cortocircuito producido por daños en el aislamiento del cable.

Sobrecargas: aunque el inversor obliga a trabajar al generador fotovoltaico fuera de su punto de máxima potencia cuando la potencia de entrada es excesiva, el magnetotérmico introducido en el sistema en cada serie sirve de protección contra sobrecargas y, adicionalmente, facilita las tareas de mantenimiento. Para que cumpla esta función, se debe cumplir la siguiente condición, general para cualquier dispositivo:

$$I_{\text{diseño de la línea}} \leq I_{\text{asignada dispositivo de protección}} \leq I_{\text{admisible de la línea}}$$

Con lo que existe un margen que permite que puedan elegirse de forma que se eviten fusiones no deseadas.

Así mismo, para grupos fotovoltaicos de dos o más cadenas en paralelo, se exige el empleo de dispositivos de protección para proteger cada cadena fotovoltaica, cumpliendo la siguiente condición:

$$1,35 I_{\text{mod_max_ocpr}} < (Ns-1) * I_{\text{sc_max}}$$

No es el caso de la instalación fotovoltaica que se presenta en este proyecto, pero de igual forma a modo de seguridad se emplean fusibles en el tramo de CC, para evitar cualquier posible riesgo.

Sobretensiones transitorias: Deberán instalarse dispositivos de protección contra las sobretensiones en el lado de corriente continua, si:

$$L \geq L_{\text{crit}}$$

Donde:

- L, es la longitud máxima de itinerario (m) entre el inversor y los puntos de conexión de los módulos fotovoltaicos de las diferentes cadenas.
- Lcrit, depende del tipo de instalación fotovoltaica, y se calcula de acuerdo con la tabla 712.102 de la UNE 21186:2011:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Tabla 712.102 – Cálculo de la longitud crítica L_{crit}

Tipo de instalación	Locales residenciales	Central fotovoltaica en campo libre	Locales no residenciales
L_{crit}	$115 / N_g$	$200 / N_g$	$450 / N_g$
$L \geq L_{crit}$	Protección contra sobretensiones necesaria en el lado de la corriente continua		
$L < L_{crit}$	Protección contra sobretensiones no necesaria en el lado de la corriente continua		

- N_g , es la densidad de descargas a tierra (descargas/km²/año) aplicable al lugar de la línea de alimentación eléctrica y de las estructuras conectadas. Valor que obtiene a través de la figura A.8 de dicha norma UNE:

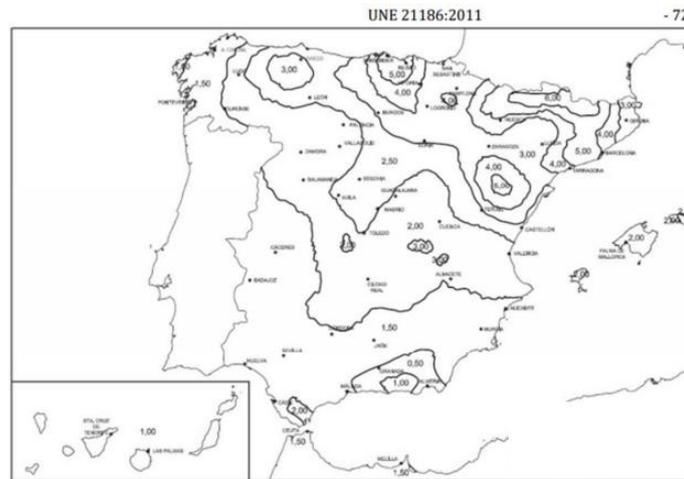


Figura A.8 – Mapa de N_g para España

De esta manera en el proyecto empleamos los siguientes valores:

- $L=120$ m.
- $N_g=5$.
- $L_{crit}=450/5=90$ m.

De manera tal que el requisito anterior quedaría tal que:

$$L \geq L_{crit} ; 120 \text{ m} \geq 90 \text{ m}$$

Por lo tanto protegeremos la instalación ante posibles sobretensiones transitorias.

Contactos directos e indirectos: El generador fotovoltaico se conectará en modo flotante, proporcionando niveles de protección adecuados frente a contacto directo e indirecto, siempre y cuando la resistencia de aislamiento de la parte de continua se mantenga por encima de unos niveles de seguridad y no ocurra un primer defecto a masas o a tierra. En este último caso, se genera una situación de riesgo, que se soluciona mediante:

- El aislamiento clase II de los módulos fotovoltaicos, cables y cajas de conexión. Éstas últimas, contarán además con llave y estarán dotadas de señales de peligro eléctrico.
- Controlador permanente de aislamiento, integrado en el inversor, que detecte la aparición de un primer fallo, cuando la resistencia de aislamiento sea inferior a:

$$R_{ISO,MIN} (\Omega) = 40 \times V_{G,MAX} (V) - 1000$$

Donde $V_{g,max}$ es la tensión correspondiente al generador en circuito abierto operando a baja temperatura, que corresponde al 125 % de la tensión de circuito abierto en condiciones estándar. Esta tensión es la mayor que puede alcanzar el generador fotovoltaico, por lo que constituye la condición de mayor peligro eléctrico.

Con esta condición se garantiza que la corriente de defecto va a ser inferior a 30 mA, que marca el umbral de riesgo eléctrico para las personas.

El inversor detendrá su funcionamiento y se activará una alarma visual en el equipo.

Sobretensiones: sobre el generador fotovoltaico, se pueden originar sobretensiones de origen atmosférico de cierta importancia. Por ello, se protegerá la entrada CC del inversor mediante dispositivos bipolares de protección clase II, válidos

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

para la mayoría de los equipos. Estos dispositivos tienen un tiempo de actuación bajo < 25 ns y una corriente máxima de actuación de 15 kA, con una tensión residual inferior a 2 kV. El dispositivo tendrá una tensión de operación marcada por el diseño del sistema concreto, rango definido entre la tensión de serie para la menor tensión en el punto de máxima potencia, 25 V para módulos de 25 V de tensión nominal específica, y la tensión mayor de circuito abierto, 45 V para este mismo tipo de módulos, en ambos casos considerando el efecto de latemperatura. No se hace necesaria la protección de cables, tubos, contadores, etc, por permitir estos valores más altos de tensión residual (4-6 kV).

5.- Cálculo de protecciones

MODULOS FOTOVOLTAICOS

Dado que las Intensidades de línea son iguales en todos los casos:

$$I_{sc} = 13,12 \text{ A}$$

$$I_{max_{adm}} = I_{sc} * 125\% = 16,4 \text{ A}$$

Se emplearán:

- Fusibles CC 20 A / 1000 V por Serie

INVERSOR 1

Interruptor General de Corte Automático

Dado que la Intensidad total de la instalación será:

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

$$P_{max} = 12000 \text{ W}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 1$$

$$I_b = \frac{12000}{\sqrt{3} * 230 * 1} = 21,74 \text{ A}$$

$$I_z = I_{max} = 22 \text{ A} \rightarrow 25 \text{ A}$$

Se emplearán:

- Interruptor Automático de calibre 25 A
- Diferencial de calibre 40 A / 0,03 mA

INSTALACIÓN

Interruptor General de Corte Automático

Dado que la Intensidad total de la instalación será:

$$I_{max} = \frac{P}{\sqrt{3} * V * \cos\varphi}$$

$$P_{max} = 72000 \text{ W}$$

$$V = 400 \text{ V}$$

$$\cos\varphi = 1$$

$$I_b = \frac{72000}{\sqrt{3} * 230 * 1} = 104,35 \text{ A}$$

$$I_z = I_{max} = 105 \text{ A} \rightarrow 125 \text{ A}$$

Se emplearán:

- Interruptores Automáticos de calibre 125 A

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

6.- Cálculo de separación entre módulos fotovoltaicos

Para calcular el espacio a respetar entre cada una de las filas de placas fotovoltaicas, necesitaremos calcular teniendo en cuenta las sombras que proyecten entre las mismas. De esta manera tendremos en cuenta la distribución que se presenta en la figura 11:

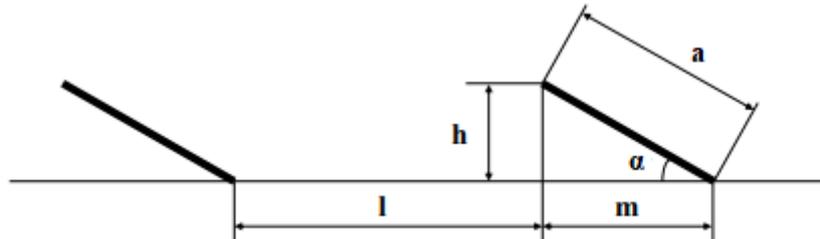


Figura 11. Distribución y medidas entre módulos fotovoltaicos (IDAE)

De esta manera sabemos que:

$$a = 1,133 \text{ m}$$

$$\alpha = 10^\circ$$

$$h = a \cdot \text{seno}(\alpha) = 0,1967 \text{ m}$$

$$m = a \cdot \text{coseno}(\alpha) = 1,115 \text{ m}$$

$$l = k \cdot h$$

k viene dado por la latitud del punto en el que se encuentra la instalación, al ser en este caso de lat.=41.524, buscaremos el valor más próximo en la tabla que se muestra en la figura 12:

Latitud	29º	37º	39º	41º	43º	45º
k	1,6	2,246	2,475	2,747	3,078	3,487

Figura 12. Tabla de valores de "k" en función de la latitud (IDAE)

Por lo tanto:

$$l = 2,747 \cdot 0,1967 = 0,5404 \text{ m}$$

De esta forma la distancia a respetar entre placas debería de ser de " $l + m = 0,5404 + 1,115$ ", es decir, un total de 1,656 m.

Esta distancia se intentará respetar en la medida de lo posible, dado que no disponemos de tanto espacio libre en la cubierta de la nave industrial, principalmente debido a la presencia de los lucernarios que se encuentran a la cubierta los cuales dificultarán una libre distribución.

De igual forma, contamos con el uso de los optimizadores para evitar que el sombreado produzca pérdidas excesivas.

Esto lo podemos observar comparando los resultados obtenidos por el programa "PV*SOL", visualizando los resultados de la misma instalación con y sin el empleo de optimizadores, como se muestra en la figura 13:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Nombre de archivo	Simulacion elementos TAB.pvprj	Simulacion elementos TAB sin optimizador.pvprj
Resultados		
Instalación FV		
Potencia generador FV	92,40 kWp	92,40 kWp
Rendimiento anual espec.	1.684,33 kWh/kWp	1.659,75 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	87,45 %	86,18 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,3 %	0,3 %
Energía de generador FV (Red CA)		
Energía de generador FV (Red CA)	155.772 kWh/Año	153.501 kWh/Año
Consumo propio directa	61.414 kWh/Año	61.264 kWh/Año
Carga de baterías	48.913 kWh/Año	48.510 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año	0 kWh/Año
Inyección en la red	45.445 kWh/Año	43.727 kWh/Año
Proporción de consumo propio		
Proporción de consumo propio	70,8 %	71,5 %
Emisiones de CO₂ evitadas		
Emisiones de CO ₂ evitadas	39.580 kg / año	38.981 kg / año
Consumidores		
Consumidores	150.350 kWh/Año	150.350 kWh/Año
Consumo Standby (Inversores)	140 kWh/Año	140 kWh/Año
Consumo total		
Consumo total	150.490 kWh/Año	150.490 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	61.414 kWh/Año	61.264 kWh/Año
cubierto mediante batería neto	38.402 kWh/Año	38.076 kWh/Año
cubierto mediante red	50.674 kWh/Año	51.151 kWh/Año
Fracción de cobertura solar		
Fracción de cobertura solar	66,3 %	66,0 %
Instalación de batería		
Carga al principio	138 kWh	138 kWh
Carga de baterías (Total)	48.913 kWh/Año	48.510 kWh/Año
Carga de baterías (Instalación FV)	48.913 kWh/Año	48.510 kWh/Año
Carga de baterías (Red)	0 kWh/Año	0 kWh/Año
Energía procedente de las baterías destinada para consumo	38.402 kWh/Año	38.076 kWh/Año
Pérdidas debido a la carga/descarga	8.423 kWh/Año	8.389 kWh/Año
Pérdidas en batería	2.226 kWh/Año	2.183 kWh/Año
Carga de ciclos	5,9 %	5,9 %
Vida útil	17 Años	17 Años
Grado de autarquía		
Consumo total	150.490 kWh/Año	150.490 kWh/Año
cubierto mediante red	50.674 kWh/Año	51.151 kWh/Año
Grado de autarquía	66,3 %	66,0 %
Evaluación económica		
Datos del sistema		
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	45.333 kWh/Año	43.619 kWh/Año

Figura 13. Comparación de resultados de la instalación con y sin el uso de optimizadores (PV*SOL)

7.- Cálculo de cargas

Como ya se ha presentado anteriormente el resumen de cargas se compondría del peso por parte de los módulos y el de la estructura de soporte, siendo estos:

TABLA 5. Resumen de cargas	
Peso MFV	32,3 / 2,56 = 12,62 kg/m ²
Peso Estructura	(4,5+60) 64,5 kg/m ²
Peso Total	77,12 kg/m²

Sin embargo, esto simplemente es un resumen. Por lo que será necesario calcular la fuerza del viento sobre los paneles fotovoltaicos y el peso de lastre necesario, como se muestra en la figura 14. Para ello desarrollaremos las siguientes formulas:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

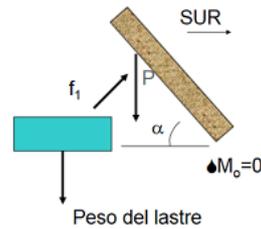


Figura 14. Resumen de fuerzas que actúan sobre la placa (www.KiloWatio.net)

Presión dinámica del viento:

$$P_{viento} = \frac{1}{2} * D * V^2 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

Siendo:

- D = densidad del aire $\approx 1,22 \text{ kg/m}^3$
- V = Velocidad del viento en m/s

Fuerza de arrastre del viento:

$$f1 = P_{viento} * S * \text{seno}^2(\alpha)$$

Siendo:

- S = área total de paneles m^2
- α = ángulo de inclinación °

Al encontrarse en Barcelona la instalación, si estudiamos las zonas de viento en España, nos encontramos en Zona C, es decir, se presentan unas velocidades de viento de alrededor de 29 m/s.

Del mismo modo sabemos las medidas de una placa fotovoltaica, (1133 x 2256 x 35 mm), es decir cada panel dispone de 2,55 m^2 de superficie, y si contamos que tenemos un total de 168 placas, eso nos aporta una superficie total de 429,41 m^2 .

También sabemos que la inclinación de las placas es de 12°.

Sustituyendo obtenemos los siguientes valores:

$$P_{viento} = \frac{1}{2} * 1,22 * 29^2 = 513,01 \left(\frac{N}{m^2} \right)$$

$$f1 = 513,01 * 429,41 * \text{seno}^2(12) = 9.522,74 \text{ N}$$

$$f1 = \frac{9.522,74 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 970,71 \text{ kg}$$

Sin embargo, si deseamos profundizar más en el cálculo para mayor seguridad, debemos de emplear las fórmulas del Documento Básico SE-AE (Seguridad Estructural – Acciones en la Edificación), disponiendo así de las siguientes formulas:

Acción del viento:

$$q_e = q_b * c_e * c_p \left(\frac{kN}{m^2} \right)$$

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Siendo:

- **qb = presión dinámica del viento**

$$q_b = 0,5 * \rho * v_b^2$$

- ρ = densidad del aire
- v_b = velocidad del viento

- **ce = coeficiente de exposición**

$$c_e = F * (F + 7 * k)$$

$$F = k * \ln(\max(z, Z)/L)$$

- **cp = coeficiente eólico**

Para obtener varios de los valores necesarios, emplearemos diversas tablas del DB SE-AE, las cuales se muestran en las figuras 15 ,16, 17 y 18:

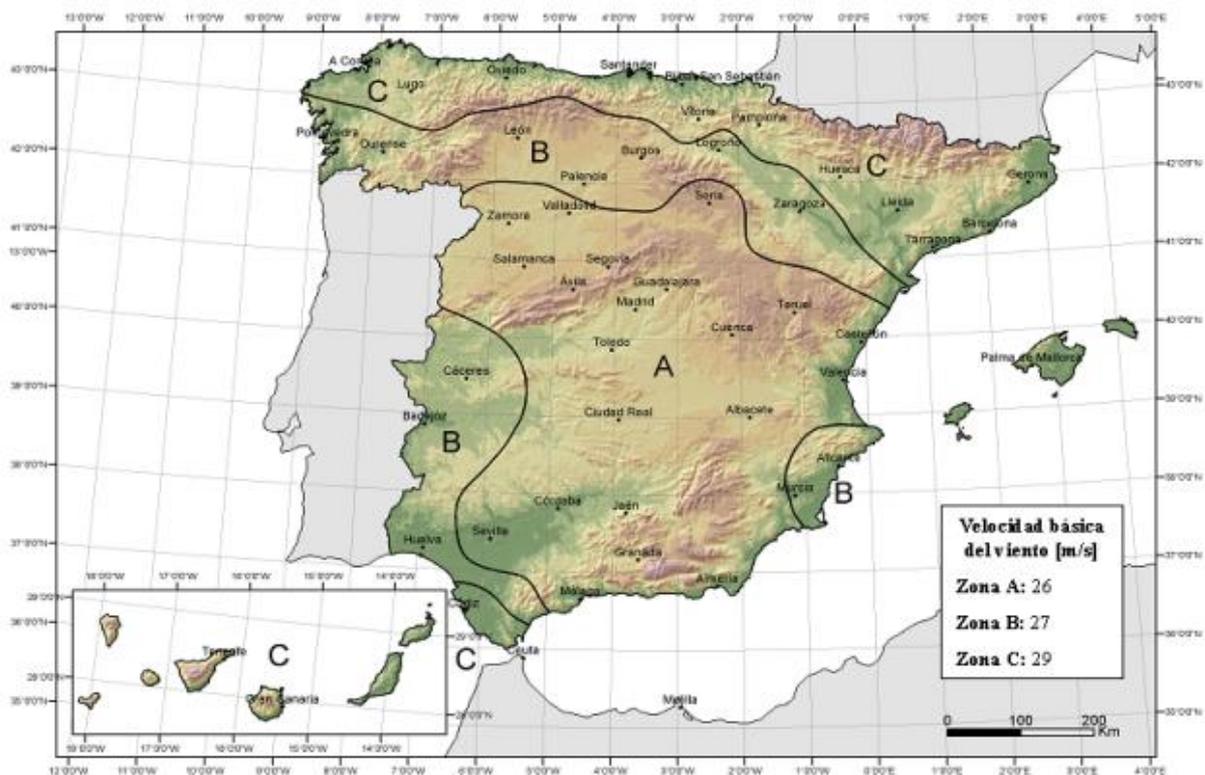


Figura 15. Distribución de velocidades básicas de viento en España por zonas (Documento Básico SE-AE)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Figura 16. Coeficientes para tipo de entorno (Documento Básico SE-AE)

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Figura 17. Valores de coeficiente de exposición c_e (Documento Básico SE-AE)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Pendiente de la cubierta α	Efecto del viento hacia	Factor de obstrucción φ	$C_{p,10}$		
			Zona (según figura)		
			A	B	C
0°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,5	1,8	1,1
	Arriba	0	-0,6	-1,3	-1,4
	Arriba	1	-1,5	-1,8	-2,2
5°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	0,8	2,1	1,3
	Arriba	0	-1,1	-1,7	-1,8
	Arriba	1	-1,6	-2,2	-2,5
10°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,2	2,4	1,6
	Arriba	0	-1,5	-2,0	-2,1
	Arriba	1	-2,1	-2,6	-2,7
15°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,4	2,7	1,8
	Arriba	0	-1,8	-2,4	-2,5
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
20°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	1,7	2,9	2,1
	Arriba	0	-2,2	-2,8	-2,9
	Arriba	1	-1,6	-2,9	-3,0
25°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,0	3,1	2,3
	Arriba	0	-2,6	-3,2	-3,2
	Arriba	1	-1,5	-2,5	-2,8
30°	Abajo	$0 \leq \varphi \leq 1$	2,2	3,2	2,4
	Arriba	0	-3,0	-3,8	-3,6
	Arriba	1	-1,5	-2,2	-2,7

Figura 18. Coeficientes de presión exterior (Documento Básico SE-AE)

Con la información previa obtenemos los siguientes valores:

- $\varphi = 1,25$
- $v_b = 29$
- $F = 0,8606$
- $K = 0,22$
- $L = 0,3$
- $Z = 15$

De tal forma podemos calcular:

$$q_b = 0,5 * 1,25 * (29^2)$$

$$F = 0,22 * \ln(\max(5,15)/0,3)$$

$$c_e = 0,8606 * (0,8606 + 7 * 0,22)$$

- $q_b = 0,5256$

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- $ce = 2,066$
- $cp = |-2,7|$

Con todo ello obtenemos que:

$$qe = 0,5256 * 2,066 * 2,7 \left(\frac{kN}{m^2} \right) = 2,93 \frac{kN}{m^2} = 298,89 \frac{kg}{m^2}$$

Como se puede observar al haber añadido el coeficiente exposición y el coeficiente eólico al cálculo del valor de la presión dinámica del viento, obtenemos unos resultados diferentes; siguiendo los pasos anteriores para obtener el contrapeso necesario:

$$f2 = 2930 * 429,41 * \text{seno}^2(12) = 54.388,08 \text{ N}$$

$$f2 = \frac{54.388,08 \text{ N}}{9,81 \text{ m/s}^2} = 5.544,14 \text{ kg}$$

Aun con todos estos parámetros establecidos, disponemos también de la herramienta digital "K2base", el cual nos permite montar la instalación y comprobar que funciona correctamente, como se podrá observar en los resultados obtenidos de su estudio en el apartado ANEXO.

Esta herramienta es de gran ayuda, puesto que la empresa encargada del servicio aporta tutoriales para comprender el funcionamiento de la aplicación. Del mismo modo, el programa resulta muy intuitivo y nos aporta también datos de los elementos empleados y los precios (lo cual nos beneficia a la hora de desarrollar el presupuesto) y nos avisa con antelación de la viabilidad del sistema, como se muestra en la figura 19:

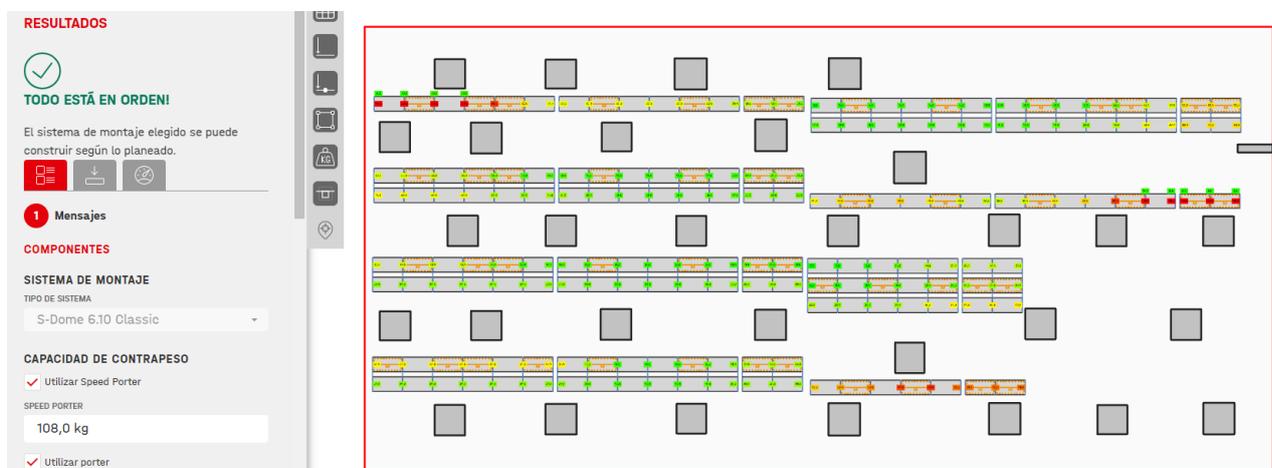


Figura 19. Resumen de resultados "K2base"

8.- Puesta a tierra

Las masas de la instalación fotovoltaica estarán conectadas a una tierra independiente de acuerdo con el Reglamento electrotécnico para baja tensión, para ello, existirán dos instalaciones independientes de puesta a tierra: el primario de conexión a tierra de la red de Corriente Continua CC (campo fotovoltaico) y el secundario de puesta a tierra de la instalación de Corriente Alterna CA.

Por ello, se realizará una única toma de tierra conectando directamente a la barra principal de tierra independiente de la del edificio, tanto para la estructura soporte del generador fotovoltaico, como la borna de puesta a tierra del inversor, con el fin de no crear diferencias de tensión peligrosas para las personas con la realización de diversas tomas de tierra en el edificio.

La superficie del conductor de protección será como mínimo la del conductor de la fase correspondiente.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 4. PRESUPUESTO

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- Presupuesto

Unidades	Concepto	Precio/ud	Total
168	Módulo solar fotovoltaico LONGI LR5-72HBD-550M de células de silicio monocristalino, potencia máxima (Wp) 550 W	180,4	30.307,20
6	TAB Inversor 12 kW 3P- Híbrido	418,07	2.508,42
1	e. storage Clever 2.2 10,2 kWh ID1026508	3.004,17	3.004,17
5	e. storage Clever 6.6 30,7kWh ID1026514	1.804,37	9.021,88
168	Optimizador Tigo TS4	60,92	10.234,56
6	Tigo Cloud Connect Advanced (CCA) + TAP Kit	270,90	1.625,40
6	Vatímetro Janitza UMG 806 E-PRO Trifásico	472,31	2.833,86
TOTAL MAQUINARIA Y EQUIPOS			59.535,46

Unidades	Concepto	Precio/ud	Total
206	Dome 6.10 Peak (2004125)	4,64	955,84
412	MK2 (1001643)	0,80	328,36
412	Socket Head Bolt serrated M8x20 (2001729)	0,29	118,24
206	Dome 6.10 SD (2003243)	1,98	407,88
412	Dome Mat S 380 (2003126)	3,54	1.458,48
168	S-Dome 6.10 Windbreaker X-tra long (2004103)	19,40	3.259,20
412	Thread-forming metal screw 4,8x20 (2003427)	0,47	193,64
52	K2 BasicRail 22; 5.50 m (2003241)	36,23	1.883,96
168	K2 Solar Cable Manager (2002870)	0,29	48,72
46	CW Lundberg	4,88	224,48
46	FixPro L (2004144)	43,04	1.979,84
46	Adapter Plate M10 (2002546)	1,75	80,50
46	Climber 36/50 M10 (2003146)	0,96	44,16
1	Mat-S Tool (2004141)	1,17	1,17
260	DomeClamp MC Set 30-50 (2002558)	1,92	499,20
152	DomeClamp EC Set 30-50 (2002559)	1,92	291,84
430	Dome SpeedPorte (2002300)	2,08	894,40
6	Extensión garantía inversores Años 5 a 10	45,57	273,42

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1	Material eléctrico	5.333,33	5.333,33
1	Instalación	22.176,00	22.176,00
1	Ingeniería: Proyecto de BT y CFO visado por el COITI. CIE. Gestión Subvención.	3.333,33	3.333,33
TOTAL INSTALACIONES			43.788,47

RESUMEN CAPÍTULOS

1.- MAQUINARIA Y EQUIPOS	59.535,46
2.- INSTALACIONES	43.788,47

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL 103.323,93

El presupuesto de ejecución material asciende a un total de ciento tres mil trescientos veintitrés euros con noventa y tres céntimos.

RESUMEN PRESUPUESTO

1.- PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL	103.323,93
2.- 13% GASTOS GENERALES	13.432,11
3.- 6% BENEFICIO INDUSTRIAL	6.199,44
SUMA DE PEM, G.G., Y B.I.	122.955,48
4.- 21% IVA	25.820,65

PRESUPUESTO TOTAL 148.776,13

EL PRESUPUESTO ASCIENDE A UN TOTAL DE CIENTO CUARENTA OCHO MIL SETECIENTOS SETENTA Y SEIS EUROS CON TRECE CÉNTIMOS.

2.- Viabilidad económica

Con el presupuesto calculado, podemos saber cuál es el coste del W pico producido en la instalación, y observar de esta manera la instalación está dentro de los estándares o si bien es excesivamente cara:

$$\text{Coste } W \text{ pico} = \frac{\text{Presupuesto total (€)}}{\text{Potencia pico instalada (W)}} = \frac{148.776,13}{92400} = 1,61\text{€/Wpico}$$

Así pues, la instalación resulta ciertamente económica, a sabiendas de que los márgenes de mercado se encuentran entre 1,722 y 2,916 €/W pico.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

3.- Amortización

De la misma manera podemos calcular el tiempo estimado para amortizar la inversión, empleando los datos previamente calculados.

Para ello necesitaremos un precio de kWh por el cual las compañías compren la energía producida del sistema. Para este ejemplo podemos usar la compensación de excedentes que nos ofrece la empresa "fenie energía", dado que es con la que opera actualmente el proveedor.

Así pues, las compensaciones son de 0,09€/kWh. Y las amortizaciones que se obtienen en los primeros 30 años se pueden observar en la figura 20.

Año	$[0,98 - (0,0045 * (\text{Año} - 1))]$	Energía anual (Wh/año)	Energía anual (kWh/año)	Compensación anual (€/año)	Total a amortizar (€)
1	0,98	168598022,6	168598,0226	15173,82203	133602,3048
2	0,9755	167823848	167823,848	15104,14632	118498,1585
3	0,971	167049673,4	167049,6734	15034,47061	103463,6878
4	0,9665	166275498,8	166275,4988	14964,79489	88498,89295
5	0,962	165501324,2	165501,3242	14895,11918	73603,77377
6	0,9575	164727149,6	164727,1496	14825,44347	58778,3303
7	0,953	163952975	163952,975	14755,76775	44022,56255
8	0,9485	163178800,4	163178,8004	14686,09204	29336,47051
9	0,944	162404625,9	162404,6259	14616,41633	14720,05419
10	0,9395	161630451,3	161630,4513	14546,74061	173,313572
11	0,935	160856276,7	160856,2767	14477,0649	-14303,75133
12	0,9305	160082102,1	160082,1021	14407,38919	-28711,14051
13	0,926	159307927,5	159307,9275	14337,71347	-43048,85399
14	0,9215	158533752,9	158533,7529	14268,03776	-57316,89175
15	0,917	157759578,3	157759,5783	14198,36205	-71515,25379
16	0,9125	156985403,7	156985,4037	14128,68633	-85643,94012
17	0,908	156211229,1	156211,2291	14059,01062	-99702,95074
18	0,9035	155437054,5	155437,0545	13989,33491	-113692,2856
19	0,899	154662879,9	154662,8799	13919,65919	-127611,9448
20	0,8945	153888705,3	153888,7053	13849,98348	-141461,9283
21	0,89	153114530,7	153114,5307	13780,30777	-155242,2361
22	0,8855	152340356,1	152340,3561	13710,63205	-168952,8681
23	0,881	151566181,5	151566,1815	13640,95634	-182593,8245
24	0,8765	150792006,9	150792,0069	13571,28063	-196165,1051
25	0,872	150017832,4	150017,8324	13501,60491	-209666,71
26	0,8675	149243657,8	149243,6578	13431,9292	-223098,6392
27	0,863	148469483,2	148469,4832	13362,25348	-236460,8927
28	0,8585	147695308,6	147695,3086	13292,57777	-249753,4705
29	0,854	146921134	146921,134	13222,90206	-262976,3725
30	0,8495	146146959,4	146146,9594	13153,22634	-276129,5989

Figura 20. Amortizaciones esperadas en los primeros 30 años

Como se puede observar, en el caso de que se inyectará toda la energía a la red la inversión se amortizaría poco después de los diez años, y a partir de este punto ya estaría produciendo ganancias.

Este mismo cálculo nos lo desarrolla también el programa "PV*SOL", pero como reduciéndolo en gran medida dado que no contempla el total de la inversión (supone un coste de inversión de 138.600 €) y una remuneración de 0,1983 €/kWp, según el Real Decreto 1578/2008, para instalaciones en techo (Tipo I), obteniendo así una duración de la amortización de 6,2 años, como se puede observar en las figuras 21 y 22.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Datos del sistema	
Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	45.333 kWh/Año
Potencia generador FV	92,4 kWp
Puesta en marcha de la instalación	21/06/2023
Periodo de consideración	20 Años
Interés del capital	1 %
Parámetros económicos	
Tasa interna de retorno (TIR)	16,15 %
Cashflow acumulado (caja)	305.246,79 €
Duración amortización	6,2 Años
Costes de producción de energía	0,0494 €/kWh
Resumen de pagos	
costes específicos de inversión	1.500,00 €/kWp
Coste de la inversión	138.600,00 €
Pagos únicos	0,00 €
Subvenciones	0,00 €
Costes anuales	0,00 €/Año
Otros beneficios y ahorros.	0,00 €/Año
Remuneración y ahorros	
Remuneración total en el primer año	8.989,51 €/Año
Ahorros durante el primer año	14.036,43 €/Año
Real Decreto 1578/2008 - Instalaciones en techo (Tipo I)	
Validez	21/06/2023 - 20/06/2048
Remuneración spec. por energía inyectada en la red	0,1983 €/kWh
Tarifa de inyección	8989,5079 €/Año
Tarifa estándar (Example)	
Precio de trabajo	0,1412 €/kWh
Factor de cambio del precio del costo del consumo energético	2 %/Año

Figura 21. Resumen resultados PV*SOL

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones	-138.600,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de inyección	8.011,58 €	8.768,21 €	8.637,66 €	8.508,84 €	8.381,72 €
Ahorro consumo electricidad	13.217,15 €	13.964,69 €	14.031,89 €	14.099,05 €	14.166,17 €
Flujo de caja anual	-117.371,27 €	22.732,89 €	22.669,55 €	22.607,89 €	22.547,89 €
Cashflow acumulado (caja)	-117.371,27 €	-94.638,37 €	-71.968,82 €	-49.360,93 €	-26.813,04 €
	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversiones	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de inyección	8.256,29 €	8.132,51 €	8.010,38 €	7.889,87 €	7.770,96 €
Ahorro consumo electricidad	14.233,24 €	14.300,24 €	14.367,19 €	14.434,04 €	14.500,83 €
Flujo de caja anual	22.489,53 €	22.432,76 €	22.377,57 €	22.323,91 €	22.271,79 €
Cashflow acumulado (caja)	-4.323,51 €	18.109,25 €	40.486,82 €	62.810,73 €	85.082,53 €

Figura 22. Evolución de "Flujo de caja" anual

Ejemplo no muy lejos de la realidad, puesto que si consiguiéramos una remuneración próxima a 0,19 €/kWp, la instalación se podría amortizar en menos de 5 años, como se muestra en la figura 23.

Año	$[0,98 - (0,0045 * (\text{Año} - 1))]$	Energía anual (Wh/año)	Energía anual (kWh/año)	Compensación anual (€/año)	Total a amortizar (€)
1	0,98	168598022,6	168598,0226	32033,62429	116742,5025
2	0,9755	167823848	167823,848	31886,53112	84855,97139
3	0,971	167049673,4	167049,6734	31739,43795	53116,53344
4	0,9665	166275498,8	166275,4988	31592,34478	21524,18867
5	0,962	165501324,2	165501,3242	31445,2516	-9921,062934
6	0,9575	164727149,6	164727,1496	31298,15843	-41219,22136

Figura 23. Amortización esperada según el Real Decreto 1578/2008

Sin embargo, volviendo al caso inicial de 0,09€/kWh, y contáramos además unos gastos de seguro y mantenimiento (podríamos asumir de 1000 y 1500 € anuales respectivamente), el tiempo de amortización aumentaría hasta un poco más de 12 años.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 5. PLIEGO DE CONDICIONES

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- Condiciones generales

En general la instalación eléctrica cumplirá los preceptos del Reglamento Electrotécnico de Baja tensión y las Instrucciones Técnicas Complementarias, especialmente las referidas a las

Instrucciones:

ITC - BT.07: REDES SUBTERRANEAS PARA DISTRIBUCIÓN EN BAJA TENSIÓN

La obligación del instalador será el suministro de todos los materiales, equipos, mano de obra, servicios, accesorios y ejecución de todas las operaciones necesarias para el perfecto acabado y puesta en marcha de la instalación solar fotovoltaica descrita en la Memoria, representada en los Planos y valorada en el Presupuesto y la cual será montada de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones Técnicas.

1.1.- Sistemas generadores fotovoltaicos

Todos los módulos deberán satisfacer las especificaciones UNE-EN 61265:2018(Ratificada) para módulos de silicio cristalino, o UNE-EN 61215-1 para módulos fotovoltaicos capa delgada, así como estar cualificados por algún laboratorio reconocido, lo que se acreditará mediante la presentación del certificado oficial correspondiente.

El módulo fotovoltaico llevará claramente visible e indeleble el modelo y nombre del logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.

Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación. En caso de variaciones respecto de estas características, éstas deberán ser aprobadas por el IDAE. Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.

Los marcos laterales, si existen serán de aluminio o acero inoxidable. Para que un módulo resulte aceptable su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones, estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 10\%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.

Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.

Se valorará positivamente una alta eficiencia de las células.

La estructura del generador se conectará a tierra.

Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

1.2.- Estructura soporte

Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En caso contrario se deberá contar con la aprobación expresa del IDAE. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado por el CTE y demás normas aplicables.

La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el CTE SE-AE.

El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.

El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificado para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.

La tornillería será realizada en acero inoxidable, cumpliendo la norma MV-106.

En el caso de ser la estructura galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.

Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

Se dispondrán las estructuras soporte necesarias para montar los módulos sobre la cubierta sin superar el límite de sombras indicado en el punto 4.1.2 del Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE. Se incluirán todos los accesorios y bancadas y/o anclajes.

La estructura soporte será calculada según la norma CTE-SE-A para soportar cargas extremas debidas a factores climatológicos adversos, tales como viento, nieve, etc.

Si está construida con perfiles de acero laminado conformado en frío, cumplirá la norma CTE-SE- A, para garantizar todas sus características mecánicas y de composición química.

Si es del tipo galvanizada en caliente, cumplirá las normas UNE-EN ISO 1461, con un espesor mínimo de 80 micras para eliminar las necesidades de mantenimiento y prolongar su vida útil.

1.3.- Inversores

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

Las características básicas de los inversores serán las siguientes:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Autoconmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
- No funcionarán en isla o modo aislado.

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

- Cortocircuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red, como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.

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

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

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

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA. Podrá ser externo al inversor.

Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:

- El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superior a las CEM. Además, soportará los picos de magnitud un 30% superior a las CEM durante periodos de hasta 10 segundos.
- Los valores de eficiencia al 25% y 100% de la potencia de salida nominal deberán ser superiores al 85% y 88% respectivamente (valores medios incluyendo el transformador de salida, si lo hubiere) para inversores de potencia inferior a 5 kW, y del 90% al 92% para inversores mayores de 5 kW.
- El autoconsumo del inversor en modo nocturno ha de ser inferior al 0,5% de su potencia nominal.
- El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25% y el 100% de la potencia nominal.
- A partir de potencias mayores del 10% de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.

Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles y de IP65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.

Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0° y 40°C de temperatura y entre 0% y 85% de humedad relativa.

1.4.- Cableado

Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo a la normativa vigente.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo; los conductores de la parte de CC deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5% y los de la parte de CA para que la caída de tensión sea inferior del 2% teniendo en ambos casos como referencia las tensiones correspondientes a las cajas de conexiones.

Se incluirá toda la longitud del cable CC y CA. Deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

Se utilizará conductor con denominación XLPE-RV-0,6/1kV en línea repartidora. Para las líneas de distribución se utilizará conductor XLPE. 0,6/1kV armado con cables de acero y PVC 450-750.

1.5.- Tubos protectores

Para las líneas repartidoras, los tubos protectores serán de PVC rígido, curvable en caliente y con un grado de protección al impacto superior a 5.

Para las líneas de Distribución, los tubos protectores serán de PVC corrugado, y de PVC rígido, curvable en caliente con un grado de protección al impacto superior a 5 para los tramos visibles.

1.6.- Caja de empalme y derivación

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

En superficie, de material aislante, con tapa del mismo material ajustable a presión, rosca o tornillo. Se perforará para el paso de tubos. Se introducirá en el cajeadado al ejecutar las rozas de las instalaciones interiores. La tapa quedará adosada al paramento y las conexiones en su interior se realizarán mediante bornes o dedales aislantes. La Protección será IP 55.

1.7.- Conexión a red

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículos 11 y 12) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

1.8.- Medidas

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 18) sobre medidas y facturación de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

1.9.- Protecciones

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 14) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión, y con el esquema unifilar que aparece en la Resolución de 31 de mayo de 2001.

En conexiones a la red trifásicas, las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

1.10.- Puesta a tierra

La instalación cumplirá con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 15) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión.

Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se justificarán los elementos utilizados para garantizar esta condición.

Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectados a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el R.B.T.

1.11.- Armónicos y compatibilidad electromagnética

Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1699/2011 (artículo 16) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a red de baja tensión.

1.12.- Pruebas reglamentarias

Se realizarán mediciones de la toma de tierra, sensibilidad y aislamiento de los interruptores magnetotérmicos diferenciales y tantas como el técnico autor del presente proyecto considere necesarias.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

2.- Condiciones facultativas

Este Pliego de Condiciones, juntamente con la Memoria, Presupuesto y Planos, son los documentos que han de servir de base para la ejecución de las obras objeto del contrato, declarando el Contratista que se halla perfectamente enterado de las mismas y que se compromete a ejecutar las obras con sujeción a lo consignado en ellos.

2.1.- Planos

Todas las indicaciones que figuran en los planos se entienden que forman parte de las condiciones del Proyecto. El constructor tiene derecho a sacar copias, a su costa, de los planos, presupuestos y pliego de condiciones.

La Dirección de Facultativa autorizará estas copias comprometiéndose el Contratista a no utilizarlas para otros fines distintos a esta obra.

2.2.- Dirección de obras

La Dirección de las obras será ejercida por el Técnico designado para ello. A la Dirección de Obras estará afecto el personal que se considere necesario para el normal desarrollo de los trabajos. El Contratista no podrá recusar al Técnico designado para la Dirección de las Obras.

2.3.- Interpretación del proyecto

Corresponde exclusivamente a la Dirección de las Obras, la interpretación técnica del Proyecto y las consiguientes expediciones de órdenes complementarias, gráficas o escritas, para el desarrollo de este.

La Dirección de la obra podrá ordenar, antes de la ejecución de las mismas, las modificaciones de detalle del proyecto que crea oportunas, siempre que no alteren las líneas generales de éste, no excedan de la garantía técnica exigida y sean razonablemente aconsejadas por eventualidades surgidas durante la ejecución de los trabajos, o por mejoras que se crean convenientes introducir.

Corresponde también a la Dirección de obras, apreciar las circunstancias en las que, a instancia del Contratista, puedan proponerse la sustitución de materiales de difícil adquisición por otros de utilización similar, aunque de distinta calidad o naturaleza y fijar la alteración de precios unitarios que en tal caso estime razonable.

No podrá el Constructor hacer por sí la menor alteración en las partes del Proyecto, sin autorización escrita del Director de Obra.

2.4.- Replanteo de obras

Antes de empezarse las obras se ejecutará un replanteo general en presencia del Contratista o la persona que le represente. Habiendo conformidad con el Proyecto, deberán comenzarse las obras y sino las hubiere se suspenderán, dándose conocimiento a la Superioridad para la resolución que proceda. Serán ejecutados durante el curso de las obras los replanteos parciales que se estimen precisos.

2.5.- Libro de órdenes

El contratista deberá tener en la obra, en todo momento, un libro de órdenes expedido por el Colegio Oficial del Técnico Director de Obras, en donde la Dirección consignará las órdenes que necesite darle y cuyo cumplimiento le será obligatorio si no reclama por escrito antes de las veinticuatro horas.

2.6.- Inspección de las obras

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Será misión exclusiva de la Dirección de Obras, la comprobación de la realización de estas con arreglo al Proyecto y a sus instrucciones complementarias. El Contratista hará guardar las consideraciones debidas al personal de la Dirección de obras, que tendrá libre acceso a todos los puntos de trabajos y a los almacenes de materiales destinados a la misma, para su reconocimiento previo.

La Dirección de Obras podrá ordenar la apertura de actas cuando sospeche la existencia de vicios ocultos de construcción o de materiales de calidad deficiente, siendo de cuenta del Contratista todos los gastos, sin derecho a indemnización en caso de confirmarse dichos defectos o vicios y certificando a éste la indemnización correspondiente, tasada a los precios unitarios del presupuesto, en caso contrario.

En cualquier momento que se observen trabajos ejecutados que no estén de acuerdo con lo establecido en prescripciones de dichos documentos, e independientemente de que no hayan sido observados en reconocimientos anteriores, la Dirección de obras notificará al Contratista la necesidad de eliminar dichos trabajos defectuosos o retirar de los almacenes los materiales rechazados, todo lo cual se llevara a cabo por cuenta del referido contratista y sin derecho de indemnización por este concepto.

El Contratista notificará a la Dirección de obras, con la anticipación debida, a fin de proceder a su reconocimiento, la ejecución de las obras de responsabilidad civil que aquella señale, o que, a juicio del Contratista así lo requiera.

2.7.- Ejecución de las obras

El Contratista facilitará todos los materiales, andamios, maquinaria, herramientas y transportes, así como todos los restantes elementos necesarios para la ejecución de las obras consignadas; todos en disposición de ser empleados en cualquier momento y en completas condiciones de seguridad.

Todos los trabajos han de ejecutarse por personal especializado. Cada oficio ordenará su trabajo armoniosamente con los demás, procurando siempre facilitar la marcha de estos, en ventaja de la buena ejecución y rapidez en la construcción.

El estudio técnico tiene carácter puramente descriptivo y no pueden establecerse reclamaciones fundadas en el contenido de dicho documento.

A falta de instrucciones en el proyecto, o complementarias, se seguirán en todo caso las buenas prácticas de la construcción.

El contratista permanecerá en la obra durante la jornada de trabajo, por sí o representado por un encargado apto, autorizado por escrito, para recibir instrucciones verbales y firmar recibos de los planos o comunicaciones que se dirijan.

El contratista ejecutará todas las órdenes que reciba de la Dirección de obras, sin perjuicio de que pueda presentar a la misma, dentro del plazo de cuarenta y ocho horas y por escrito sus alegaciones que deberán ser fundadas precisamente en el cumplimiento del presente Pliego de condiciones. La Dirección de las obras cursará en otro plazo igual a la superioridad para la resolución definitiva, estas alegaciones, sin que en ningún caso pueda el contratista interrumpir la marcha de los trabajos.

Una vez dadas las órdenes de empezar los trabajos, deberán éstos ponerse en marcha sin dilación para que la totalidad de la obra esté terminada, limpia, desembarazada de obstáculos y dispuesta para la recepción provisional en el plazo que se señale.

2.8.- Obras de urgencia o imprevistas

La Dirección de las obras podrá ordenar, con carácter de urgencia, la ejecución de los trabajos necesarios en los casos de peligro inminente de que se produzcan los daños mayores o de la presencia de obstáculos imprevistos que imposibiliten la prosecución de las obras, aunque no estén consignados en presupuesto, ejecutándose por el contratista dichos trabajos y tramitándose por la Dirección de obra el consiguiente presupuesto adicional calculado con arreglo a las mismas bases primarias que hayan servido para la confección de precios unitarios del presupuesto del Proyecto.

2.9.- Subcontratos o contratos parciales

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

La Dirección de las obras deberá conocer los nombres de los Subcontratistas que han de intervenir parcialmente en la obra, quien notificará su aprobación o desaprobación, sin que el contratista tenga derecho a reclamación alguna por esta determinación, y sin que pueda eludir, por la aprobación, la responsabilidad ante la Administración, Propiedad y la Dirección de las obras, de los actos u omisiones de los Subcontratistas.

2.10.- Cumplimiento de las disponibilidades legales

El Contratista se obliga a satisfacer a sus obreros los jornales reglamentarios, cotizar puntualmente los Seguros Sociales, cuotas de previsión y accidentes y en general cuantas obligaciones determine la reglamentación de trabajo en la industria de la construcción y obras públicas y demás leyes concordantes y vigentes en materia de previsión y accidentes, pudiendo en todo momento la Dirección de las obras exigir los comprobantes que acrediten este cumplimiento.

2.11.- Causas de rescisión

Serán causas de rescisión del contrato establecido entre el Contratista y la Propiedad las siguientes:

1. La falta de capacidad técnica y laboral del Contratista y la ejecución de la obra sin el ritmo y orden que se determine.
2. El incumplimiento de cualquiera de los artículos de este Pliego de condiciones y de las facultativas, económicas o administrativas del Proyecto.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

3.- Condiciones técnicas

3.1.- Características de la empresa instaladora

Las instalaciones eléctricas de baja tensión serán ejecutadas por la empresa instaladora autorizada, contando para ello con instalador Autorizado en Baja Tensión, autorizado para el ejercicio de la actividad según lo establecido en la correspondiente Instrucción Técnica Complementaria del R.E.B.T., sin perjuicio de su posible proyecto y dirección de obra por técnicos titulados pertenecientes a dicha empresa instaladora.

3.2.- Calidad de los materiales

Todos los materiales por emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas en el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción. Todos los materiales podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado y sea necesario emplear deberá ser aprobado por la Dirección Técnica, bien entendiendo que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la instalación.

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la Dirección Facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas. Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la Dirección Facultativa, no pudiendo, por tanto, servir de pretexto al contratista la baja en subasta, para variar esa esmerada ejecución ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

3.2.1.- Conductores eléctricos

Los conductores utilizados se regirán por las especificaciones del proyecto, según se indica en Memoria, Planos y Presupuesto. El tipo de cable que se empleará será **HIZ22Z-K**, cuyas características técnicas son las que se muestran a continuación:

Flama: No propagador de llama, **UNE-20432.1 (IEC-332.1)**

Conductor de Cu: **Clase 5**

Aislamiento: **XLPE**

Cubierta: **PVC**

Temperatura máxima de utilización: **90 °C**

Características constructivas: **UNE-21 123 (P-2)**

Los conductores de cobre electrolítico se fabricarán de calidad y resistencia mecánica uniforme, y su coeficiente de resistividad a 20 °C será del 98% al 100%. Irán provistos de baño de recubrimiento de estaño, que deberá resistir la siguiente prueba: a una muestra limpia y seca de hilo estañado se le da la forma de círculo de diámetro equivalente a 20 o 30 veces el diámetro del hilo, a continuación de lo cual se sumerge durante un minuto en una solución de ácido hidroclorhídrico de 1,088 de peso específico a una temperatura de 20 °C. Esta operación se efectuará dos veces, después de lo cual no deberán apreciarse puntos negros en el hilo. La capacidad mínima del aislamiento de los conductores será de 500 V.

Los conductores de sección igual o superior a 6 mm² deberán estar constituidos por cable obtenido por trenzado de hilo de cobre del diámetro correspondiente a la sección del conductor de que se trate. Para la selección de la sección de los conductores activos del cable adecuado a cada carga se usará el más desfavorable entre los siguientes criterios:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Intensidad máxima admisible. Como intensidad se tomará la propia de cada generador fotovoltaico, partiendo de las intensidades nominales así establecidas, se elegirá la sección del cable que admita esa intensidad de acuerdo con las prescripciones del Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión ITC-BT-19 o las recomendaciones del fabricante, adoptando los oportunos coeficientes correctores según las condiciones de la instalación. En cuanto a coeficientes de mayoración de la carga, se deberán tener presentes las Instrucciones ITC-BT44 para receptores de alumbrado e ITC-BT-47 para receptores de motor.

- Caída de tensión en servicio. La sección de los conductores a utilizar se determinará de forma que la caída de tensión para la parte de continua no podrá ser superior al 1.5% y para la parte de alterna no podrá ser superior al 1.5%.

La sección del conductor neutro será la especificada en la Instrucción ITC-BT-07, apartado 1, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación.

3.2.2.- Conductores de protección

Los conductores de protección serán del mismo tipo que los conductores activos especificados en el apartado anterior, y tendrán una sección mínima a la fijada en la tabla 2 de la ITC-BT-18, en función de la sección de los conductores de fase o polares de la instalación. Se podrán instalar por las mismas canalizaciones que éstos o bien en forma independiente.

3.2.3.- Identificación de los conductores

Para la identificación de los conductores en la parte de corriente continua se marcarán de forma permanente el positivo de color Rojo y el negativo de color Azul, los colores de los recubrimientos serán Azul para el neutro, Marrón, Gris o Negro para las fases y Amarillo-Verde para los de protección.

Las canalizaciones eléctricas se establecerán de forma que, por conveniente identificación de sus circuitos y elementos, se pueda proceder en todo momento a reparaciones, transformaciones, etc.

3.2.4.- Canalizaciones

Los tubos protectores pueden ser:

Tubo y accesorios metálicos

Tubo y accesorios no metálicos

Tubo y accesorios compuestos (constituidos por materiales metálicos y no metálicos).

Los tubos se clasifican según lo dispuesto en las normas siguientes:

UNE-EN 61.386-21: Sistemas de tubos rígidos.

UNE-EN 61.386-22: Sistemas de tubos curvables.

UNE-EN 61.386-23: Sistemas de tubos flexibles.

UNE-EN 61.386-24: Sistemas de tubos enterrados.

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

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

Las dimensiones de los tubos no enterrados y con unión roscada utilizados en las instalaciones eléctricas son las que se prescriben en la UNE-EN 60.423. Para los tubos enterrados, las dimensiones se corresponden con las indicadas en la norma

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

UNE-EN 61.386-24. Para el resto de los tubos, las dimensiones serán las establecidas en la norma correspondiente de las citadas anteriormente. La denominación se realizará en función del diámetro exterior. El diámetro interior mínimo deberá ser declarado por el fabricante.

En lo relativo a la resistencia a los efectos del fuego considerados en la norma particular para cada tipo de tubo, se seguirá lo establecido por la aplicación de la Directiva de Productos de la Construcción (89/106/CEE).

En las canalizaciones superficiales, los tubos deberán ser preferentemente rígidos y en casos especiales podrán usarse tubos curvables. Sus características mínimas serán las indicadas en ITC-BT-21.

En las canalizaciones empotradas, los tubos protectores podrán ser rígidos, curvables o flexibles, con unas características mínimas indicadas en ITC-BT-21.

En las canalizaciones al aire, destinadas a la alimentación de máquinas o elementos de movilidad restringida, los tubos serán flexibles y sus características mínimas para instalaciones ordinarias serán las señaladas en ITC-BT-21.

Los tubos en canalizaciones enterradas presentarán las características señaladas en ITC-BT-21. El diámetro exterior mínimo de los tubos, en función del número y la sección de los conductores a conducir, se obtendrá de las tablas indicadas en la ITC-BT-21, así como las características mínimas según el tipo de instalación.

En general, para la ejecución de las canalizaciones bajo tubos protectores, se tendrá en cuenta lo dictado en ITC-BT-21.

La canal protectora es un material de instalación constituido por un perfil de paredes perforadas o no, destinado a alojar conductores o cables y cerrado por una tapa desmontable.

Las canales protectoras tendrán un grado de protección IP4X y estarán clasificadas como "canales con tapa de acceso que sólo pueden abrirse con herramientas". En su interior se podrán colocar mecanismos tales como interruptores, tomas de corriente, dispositivos de mando y control, etc., siempre que se fijen de acuerdo con las instrucciones del fabricante. También se podrán realizar empalmes de conductores en su interior y conexiones a los mecanismos.

Las canalizaciones para instalaciones superficiales tendrán unas características mínimas señaladas en apartado 3 de ITC-BT-21.

En bandeja o soporte de bandejas, sólo se utilizarán conductores aislados con cubierta, unipolares o multipolares según norma UNE-HD 60364-5-52.

El material usado para la fabricación será acero laminado de primera calidad, galvanizado por inmersión.

La anchura de las canaletas será de 100 mm como mínimo, con incrementos de 100 en 100 mm. La longitud de los tramos rectos será de dos metros. El fabricante indicará en su catálogo la carga máxima admisible, en N/m, en función de la anchura y de la distancia entre soportes. Todos los accesorios como codos, cambios de plano, reducciones, tes, uniones, soportes, etc. tendrán la misma calidad que la bandeja.

La bandeja y sus accesorios se sujetarán a techos y paramentos mediante herrajes de suspensión, a distancias tales que no se produzcan flechas superiores a 10 mm. y estarán perfectamente alineadas con los cerramientos de los locales.

No se permitirá la unión entre bandejas o la fijación de las mismas a los soportes por medio de soldadura, debiéndose utilizar piezas de unión y tornillería cadmiada. Para las uniones o derivaciones de líneas se utilizarán cajas metálicas que se fijarán a las bandejas.

3.2.5.- Cajas de empalme y derivación

Las conexiones entre conductores se realizarán en el interior de cajas apropiadas de material plástico resistente incombustible o metálicas, en cuyo caso estarán aisladas interiormente y protegidas contra la oxidación. Las dimensiones de estas cajas serán tales que permitan alojar holgadamente todos los conductores que deban contener. Su profundidad será igual, por lo menos, a una vez y media el diámetro del tubo mayor, con un mínimo de 40 mm; el lado o diámetro de la caja será de al menos 80 mm. Cuando se quieran hacer estancas las entradas de los tubos en las cajas de conexión, deberán emplearse

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

prensaestopas adecuados. En ningún caso se permitirá la unión de conductores, como empalmes o derivaciones por simple retorcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberá realizarse siempre utilizando bornes de conexión.

Los conductos se fijarán firmemente a todas las cajas de salida, de empalme y de paso, mediante contratueras y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca al objeto de que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el extremo del conducto, después de lo cual se apretará la contratuerca para poner firmemente el casquillo en contacto eléctrico con la caja.

Los conductos y cajas se sujetarán por medio de pernos de fiador en ladrillo hueco, por medio de pernos de expansión en hormigón y ladrillo macizo y clavos Split sobre metal. Los pernos de fiador de tipo tornillo se usarán en instalaciones permanentes, los de tipo de tuerca cuando se precise desmontar la instalación, y los pernos de expansión serán de apertura efectiva. Serán de construcción sólida y capaces de resistir una tracción mínima de 20 kg. No se hará uso de clavos por medio de sujeción de cajas o conductos.

3.2.6.- Aparatos de mando y maniobra

Las únicas maniobras posibles en las centrales solares fotovoltaicas son las de puesta en marcha y parada de los Inversores que forman el generador fotovoltaico.

Para gobierno y maniobra de cada uno de los inversores que se instalen, se dispondrán además de los correspondientes elementos de protección, elementos de seccionamiento en la parte de corriente continua y un interruptor de corte en la parte de corriente alterna que garanticen la ausencia de tensión en bornas de cada inversor.

3.2.7.- Aparatos de protección

3.2.7.1.- Cuadros eléctricos

Todos los cuadros eléctricos serán nuevos y se entregarán en obra sin ningún defecto. Estarán diseñados siguiendo los requisitos de estas especificaciones y se construirán de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión y con las recomendaciones de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

Cada circuito en salida de cuadro estará protegido contra las sobrecargas y cortocircuitos. La protección contra corrientes de defecto hacia tierra se hará por circuito o grupo de circuitos según se indica en el proyecto, mediante el empleo de interruptores diferenciales de sensibilidad adecuada, según ITC-BT-24.

Los cuadros serán adecuados para trabajo en servicio continuo. Las variaciones máximas admitidas de tensión y frecuencia serán del + 5 % sobre el valor nominal.

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

Alternativamente, la cabina de los cuadros podrá estar constituida por módulos de material plástico, con la parte frontal transparente.

Las puertas estarán provistas con una junta de estanquidad de neopreno o material similar, para evitar la entrada de polvo.

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

Los aparatos se montarán dejando entre ellos y las partes adyacentes de otros elementos una distancia mínima igual a la recomendada por el fabricante de los aparatos, en cualquier caso, nunca inferior a la cuarta parte de la dimensión del aparato en la dirección considerada.

Todos los componentes interiores, aparatos y cables, serán accesibles desde el exterior por el frente. El cableado interior de los cuadros se llevará hasta una regleta de bornas situada junto a las entradas de los cables desde el exterior.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

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

La construcción y diseño de los cuadros deberán proporcionar seguridad al personal y garantizar un perfecto funcionamiento bajo todas las condiciones de servicio, y en particular:

- los compartimentos que hayan de ser accesibles para accionamiento o mantenimiento estando el cuadro en servicio no tendrán piezas en tensión al descubierto.
- el cuadro y todos sus componentes serán capaces de soportar las corrientes de cortocircuito (kA) según especificaciones reseñadas en planos y mediciones.

3.2.7.2.- Interruptores automáticos

En el punto de interconexión, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar.

En la salida de generación de corriente alterna de cada uno de los inversores instalados se colocarán dispositivos de protección contra sobrecargas adecuados a las intensidades nominales que marca el fabricante del inversor.

La protección contra sobrecargas para todos los conductores (fases y neutro) de cada circuito se hará con interruptores magnetotérmicos o automáticos de corte omnipolar, con curva térmica de corte para la protección a sobrecargas y sistema de corte electromagnético para la protección a cortocircuitos.

En general, los dispositivos destinados a la protección de los circuitos se instalarán en el origen de éstos, así como en los puntos en que la intensidad admisible disminuya por cambios debidos a sección, condiciones de instalación, sistema de ejecución o tipo de conductores utilizados. No obstante, no se exige instalar dispositivos de protección en el origen de un circuito en que se presente una disminución de la intensidad admisible en el mismo, cuando su protección quede asegurada por otro dispositivo instalado anteriormente.

Los interruptores serán de ruptura al aire y de disparo libre y tendrán un indicador de posición. El accionamiento será directo por polos con mecanismos de cierre por energía acumulada. El accionamiento será manual o eléctrico, según se indique en el esquema o sea necesario por necesidades de automatismo. Llevarán marcadas la intensidad y tensión nominal de funcionamiento, así como el signo indicador de su desconexión.

El interruptor de entrada al cuadro, de corte omnipolar, será selectivo con los interruptores situados aguas abajo, tras él.

Los dispositivos de protección de los interruptores serán relés de acción directa.

3.2.7.3.- Fusibles

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura, limitadores de corriente y de acción lenta cuando vayan instalados en circuitos de protección de motores.

Los fusibles de protección de circuitos de control o de consumidores óhmicos serán de alta capacidad de ruptura y de acción rápida.

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

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

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

3.2.7.4.- Interruptores diferenciales

1º.- La protección contra contactos directos se asegurará adoptando las siguientes medidas:

Protección por aislamiento de las partes activas:

Las partes activas deberán estar recubiertas de un aislamiento que no pueda ser eliminado más que destruyéndolo.

Protección por medio de barreras o envoltentes:

Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envoltentes o detrás de barreras que posean, como mínimo, el grado de protección IP XXB, según UNE-EN 60529. Si se necesitan aberturas mayores para la reparación de piezas o para el buen funcionamiento de los equipos, se adoptarán precauciones apropiadas para impedir que las personas o animales domésticos toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

Las superficies superiores de las barreras o envoltentes horizontales que son fácilmente accesibles deben responder como mínimo al grado de protección IP4X o IP XXD.

Las barreras o envoltentes deben fijarse de manera segura y ser de una robustez y durabilidad suficientes para mantener los grados de protección exigidos, con una separación suficiente de las partes activas en las condiciones normales de servicio, teniendo en cuenta las influencias externas.

Cuando sea necesario suprimir las barreras, abrir las envoltentes o quitar partes de éstas, esto no debe ser posible más que:

- bien con la ayuda de una llave o de una herramienta;
- bien, después de quitar la tensión de las partes activas protegidas por estas barreras o estas envoltentes, no pudiendo ser restablecida la tensión hasta después de volver a colocar las barreras o las envoltentes;
- bien, si hay interpuesta una segunda barrera que posee como mínimo el grado de protección IP2X o IP XXB, que no pueda ser quitada más que con la ayuda de una llave o de una herramienta y que impida todo contacto con las partes activas.

Protección complementaria por dispositivos de corriente diferencial-residual:

Esta medida de protección está destinada solamente a complementar otras medidas de protección contra los contactos directos.

El empleo de dispositivos de corriente diferencial-residual, cuyo valor de corriente diferencial asignada de funcionamiento sea inferior o igual a 30 mA, se reconoce como medida de protección complementaria en caso de fallo de otra medida de protección contra los contactos directos o en caso de imprudencia de los usuarios.

2º.- La protección contra contactos indirectos se conseguirá mediante "corte automático de la alimentación".

Esta medida consiste en impedir, después de la aparición de un fallo, que una tensión de contacto de valor suficiente se mantenga durante un tiempo tal que pueda dar como resultado un riesgo. La tensión límite convencional es igual a 50 V, valor eficaz en corriente alterna, en condiciones normales y a 24 V en locales húmedos.

Todas las masas de los equipos eléctricos protegidos por un mismo dispositivo de protección deben ser interconectadas y unidas por un conductor de protección a una misma toma de tierra. El punto neutro de cada generador o transformador debe ponerse a tierra.

Se cumplirá la siguiente condición:

$$R_a \times I_a \leq U$$

donde:

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- **R_a** es la suma de las resistencias de la toma de tierra y de los conductores de protección de masas.
- **I_a** es la corriente que asegura el funcionamiento automático del dispositivo de protección. Cuando el dispositivo de protección es un dispositivo de corriente diferencial-residual es la corriente diferencial residual asignada.
- **U** es la tensión de contacto límite convencional (50 ó 24V).

3.2.7.5.- Seccionadores

Los seccionadores en carga serán de conexión y desconexión brusca, ambas independientes de la acción del operador.

Los seccionadores serán adecuados para servicio continuo y capaces de abrir y cerrar la corriente nominal a tensión nominal con un factor de potencia igual o inferior a 0,7.

3.2.7.6.- Mecanismos y tomas de corriente

Los interruptores y conmutadores cortarán la corriente máxima del circuito en que estén colocados sin dar lugar a la formación de arco permanente, abriendo o cerrando los circuitos sin posibilidad de tomar una posición intermedia. Serán del tipo cerrado y de material aislante. Las dimensiones de las piezas de contacto serán tales que la temperatura no pueda exceder de 65 °C en ninguna de sus piezas. Su construcción será tal que permita realizar un número total de 10.000 maniobras de apertura y cierre, con su carga nominal a la tensión de trabajo. Llevarán marcada su intensidad y tensiones nominales, y estarán probadas a una tensión de 500 a 1.000 voltios.

3.2.8.- Elementos fotovoltaicos

La totalidad de los elementos que conforman la Central Solar Fotovoltaica, así como todos los utilizados en su instalación, montaje y mantenimiento, cumplirán con lo especificado en el Pliego de Condiciones Técnicas de IDAE para instalaciones Fotovoltaicas Conectadas a Red, en su revisión vigente de julio de 2011.

3.3.- Estructura

La estructura para el soporte de los módulos se realizará en aluminio-magnesio y se fijará en el tejado del titular. Toda la tornillería será de acero inoxidable, según normativa MV-106.

Las partes metálicas de la estructura estarán conectadas a la toma de tierra de la instalación.

Con ella se le dará al campo fotovoltaico una inclinación adecuada respecto de la horizontal para optimizar el rendimiento de este en función de la latitud del emplazamiento, en este caso esa inclinación será de 12° aproximadamente. Por la misma razón las orientaciones del campo serán de 32° Sur.

3.4.- Inspecciones y pruebas en fábrica

La Aparamenta se someterá en fábrica a una serie de ensayos para comprobar que están libres de defectos mecánicos y eléctricos.

En particular se harán por lo menos las siguientes comprobaciones:

Se medirá la resistencia de aislamiento con relación a tierra y entre conductores, que tendrá un valor de al menos 0,50 Mohm.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1.000 voltios, con un mínimo de 1.500 voltios, durante 1 minuto a la frecuencia nominal. Este ensayo se realizará estando los aparatos de interrupción cerrados y los cortocircuitos instalados como en servicio normal.

Se inspeccionarán visualmente todos los aparatos y se comprobará el funcionamiento mecánico de todas las partes móviles.

Se pondrá el cuadro de baja tensión y se comprobará que todos los relés actúan correctamente.

Se calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

Estas pruebas podrán realizarse, a petición de la DO, en presencia del técnico encargado por la misma.

Cuando se exijan los certificados de ensayo, la EIM enviará los protocolos de ensayo, debidamente certificados por el fabricante, a la DO.

3.5.- Control

Se realizarán cuantos análisis, verificaciones, comprobaciones, ensayos, pruebas y experiencias con los materiales, elementos o partes de la instalación que se ordenen por el Técnico Director de la misma, siendo ejecutados en laboratorio que designe la dirección, con cargo a la contrata.

Antes de su empleo en la obra, montaje o instalación, todos los materiales a emplear, cuyas características técnicas, así como las de su puesta en obra, han quedado ya especificadas en apartados anteriores, serán reconocidos por el Técnico Director o persona en la que éste delegue, sin cuya aprobación no podrá procederse a su empleo. Los que, por mala calidad, falta de protección o aislamiento u otros defectos no se estimen admisibles por aquél, deberán ser retirados inmediatamente. Este reconocimiento previo de los materiales no constituirá su recepción definitiva, y el Técnico Director podrá retirar en cualquier momento aquellos que presenten algún defecto no apreciado anteriormente, aún a costa, si fuera preciso, de deshacer la instalación o montaje ejecutados con ellos. Por tanto, la responsabilidad del contratista en el cumplimiento de las especificaciones de los materiales no cesará mientras no sean recibidos definitivamente los trabajos en los que se hayan empleado.

3.6.- Seguridad

En general, basándonos en la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y las especificaciones de las normas NTE, se cumplirán, entre otras, las siguientes condiciones de seguridad:

Siempre que se vaya a intervenir en una instalación eléctrica, tanto en la ejecución de esta como en su mantenimiento, los trabajos se realizarán sin tensión, asegurándonos la inexistencia de ésta mediante los correspondientes aparatos de medición y comprobación.

En el lugar de trabajo se encontrará siempre un mínimo de dos operarios.

Se utilizarán guantes y herramientas aislantes.

Cuando se usen aparatos o herramientas eléctricos, además de conectarlos a tierra cuando así lo precisen, estarán dotados de un grado de aislamiento II, o estarán alimentados con una tensión inferior a 50 V mediante transformadores de seguridad.

Serán bloqueados en posición de apertura, si es posible, cada uno de los aparatos de protección, seccionamiento y maniobra, colocando en su mando un letrero con la prohibición de maniobrarlo.

No se restablecerá el servicio al finalizar los trabajos antes de haber comprobado que no exista peligro alguno.

En general, mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos a tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos y evitarán el uso innecesario de objetos de metal o artículos inflamables; llevarán las herramientas o equipos en bolsas y utilizarán calzado aislante, al menos, sin herrajes ni clavos en las suelas.

Se cumplirán asimismo todas las disposiciones generales de seguridad de obligado cumplimiento relativas a seguridad, higiene y salud en el trabajo, y las ordenanzas municipales que sean de aplicación.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

3.7.- Limpieza

Antes de la Recepción provisional, los cuadros se limpiarán de polvo, pintura, cascarillas y de cualquier material que pueda haberse acumulado durante el curso de la obra en su interior o al exterior

3.8.- Mantenimiento

Cuando sea necesario intervenir nuevamente en la instalación, bien sea por causa de averías o para efectuar modificaciones en la misma, deberán tenerse en cuenta todas las especificaciones reseñadas en los apartados de ejecución, control y seguridad, en la misma forma que si se tratara de una instalación nueva. Se aprovechará la ocasión para comprobar el estado general de la instalación, sustituyendo o reparando aquellos elementos que lo precisen, utilizando materiales de características similares a los reemplazados.

3.9.- Normas de ejecución de las instalaciones

Los materiales y equipos de origen industrial deberán cumplir las condiciones funcionales y de calidad fijadas en el Reglamento Electrotécnico para B.T., así como las correspondientes Normas y disposiciones vigentes relativas a su fabricación y control industrial o en su defecto, las Normas UNE, especificadas para cada uno de ellos.

Cuando el material o equipo llegue a obra con certificado de origen industrial que acredite el cumplimiento de dichas condiciones, normas y disposiciones, su recepción se realizará comprobando sus características aparentes.

3.10.- Verificaciones y pruebas reglamentarias

Se efectuarán las pruebas específicas necesarias, así como los diferentes controles que a continuación se relacionan:

- Funcionamiento del interruptor diferencial:

- Puesta la instalación interior en tensión, accionar el botón de prueba estando el aparato en posición de cerrado.
- Puesta la instalación interior en tensión, conectar en una base para toma de corriente el conductor de fase con el de protección a través de una lámpara aconsejable de 25 W. incandescente, deberá actuar el diferencial.

- Funcionamiento del pequeño interruptor automático

- Abierto el pequeño interruptor automático, conectar, mediante un puente, los alvéolos de fase y neutro en la base de toma de corriente más alejada del Cuadro General de Distribución.
- A continuación, se cierra el pequeño interruptor automático, realizando esta operación en los distintos circuitos y líneas derivadas, deberá actuar en cada uno de ellos el correspondiente PIA.

- Corriente de fuga.

- Cerrando el interruptor diferencial y con tensión en los circuitos, se conectarán los receptores uno por uno, durante un tiempo no inferior a 5 minutos, durante los que no deberá actuar el interruptor diferencial.

- Pruebas de puesta en marcha

- Se realizarán las pruebas y verificaciones que marca el P.C.T. IDAE 2011 en diferentes momentos del día poniendo especial atención al cumplimiento de las protecciones de funcionamiento en Isla y el tiempo de rearme de las protecciones incluidas en los Inversores.

3.11.- Certificados y documentación

Al finalizar la instalación, el técnico autor del proyecto de instalación emitirá un certificado donde se acredite que toda la instalación se ha realizado de acuerdo con el correspondiente proyecto.



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Igualmente, si se hubiera realizado alguna modificación, por razones que el técnico responsable hubiere considerado oportunas sobre el proyecto original, éste lo hará constar mediante certificado. Todo ello de acuerdo con los modelos en vigor que dictamine la Dirección General de Industria, Energía y Minas.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 6. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1- Introducción

1.1- Objeto

El estudio básico tiene por objeto precisar las normas de seguridad y salud aplicables en la obra, conforme especifica el apartado 2 del artículo 6 del Real Decreto 1627/1997.

Igualmente se especifica que a tal efecto debe contemplar:

- La identificación de los riesgos laborales que puedan ser evitados, indicando las medidas técnicas necesarias.
- Relación de los riesgos laborales que no pueden eliminarse conforme a lo señalado anteriormente, especificando las medidas preventivas y protecciones técnicas tendentes a controlar y reducir riesgos valorando su eficacia, en especial cuando se propongan medidas alternativas (en su caso, se tendrá en cuenta cualquier otro tipo de actividad que se lleve a cabo en la misma, y contendrá medidas específicas relativas a los trabajos incluidos en uno o varios de los apartados del Anexo II del R.D.
- Previsiones e informaciones útiles para efectuar en su día, en las debidas condiciones de seguridad y salud, los previsibles trabajos posteriores.

El Estudio de Seguridad y Salud, debe servir también de base para que las Empresas Constructoras, Contratistas, Subcontratistas y trabajadores autónomos que participen en las obras, antes del comienzo de la actividad en las mismas, puedan elaborar un Plan de Seguridad y Salud tal y como indica el articulado del Real Decreto citado en el punto anterior. En dicho Plan podrán modificarse algunos de los aspectos señalados en este Estudio con los requisitos que establece la mencionada normativa. El citado Plan de Seguridad y Salud es el que, en definitiva, permitirá conseguir y mantener las condiciones de trabajo necesarias para proteger la salud y la vida de los trabajadores y las personas ajenas a la ejecución de las obras durante el desarrollo de estas, que contempla este E.B.S.S.

1.2.- Datos de la obra

Tipo de obra: Instalación de Sistema de Energía Solar Fotovoltaica sobre cubierta conectado a red interior para autoconsumo de potencia 92,4 kWn.

Situación:	C/ Llobateres, 28
Población:	Barberà del Vallés (Barcelona)
Titular:	TAB SPAIN SL

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

PRESUPUESTO TOTAL DE EJECUCIÓN DE LA OBRA

El presupuesto total de la obra asciende 122.955,48 € + 21 % IVA.

PLAZO DE EJECUCIÓN ESTIMADO.

El plazo de ejecución se estima en 12 días laborables, incluida la fase de pruebas y la puesta en marcha.

NÚMERO DE TRABAJADORES

Durante la ejecución de las obras se estima la presencia de 4 trabajadores aproximadamente.

RELACIÓN RESUMIDA DE LOS TRABAJOS A REALIZAR

- Instalación de Estructura Soporte para los Módulos FV.
- Instalación de Inversores y Cuadro General de Protecciones.
- Instalación de Módulos FV.
- Conexión CC Módulos - Inversores - Cuadro General - Acometida.

2.- Normas de seguridad y salud aplicables en la obra

- Ley 31/ 1.995 de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1.997 de 14 de abril, sobre Señalización de seguridad en el trabajo.
- Real Decreto 486/1.997 de 14 de abril, sobre Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 487/1.997 de 14 de abril, sobre Manipulación de cargas.
- Real Decreto 773/1.997 de 30 de mayo, sobre Utilización de Equipos de Protección Individual.
- Real Decreto 39/1.997 de 17 de enero, Reglamento de los Servicios de Prevención.
- Real Decreto 1215/1.997 de 18 de julio, sobre Utilización de Equipos de Trabajo.
- Real Decreto 1627/1.997 de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
 - Estatuto de los Trabajadores (Ley 8/1.980, Ley 32/1.984, Ley 11/1.994).

Ordenanza de Trabajo de la Construcción, Vidrio y Cerámica (O.M. 28-08-70, O.M. 28-07-77, O.M. 4-07-83, en los títulos no derogados)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

3.- Memoria descriptiva

3.1.- Previos

Previo a la iniciación de los trabajos en la obra, debido al paso continuado de personal, se acondicionarán y protegerán los accesos, señalizando conveniente los mismos y protegiendo el contorno de actuación con señalizaciones del tipo:

- PROHIBIDO APARCAR EN LA ZONA DE ENTRADA DE VEHÍCULOS
- PROHIBIDO EL PASO DE PEATONES POR ENTRADA DE VEHÍCULOS
- USO OBLIGATORIO DEL CASCO DE SEGURIDAD
- PROHIBIDO EL PASO A TODA PERSONA AJENA A LA OBRA

3.2.- Instalaciones provisionales

3.2.1.- Instalación eléctrica provisional

La instalación eléctrica provisional de obra será realizada por firma instaladora autorizada con la documentación necesaria para solicitar el suministro de energía eléctrica a la Compañía Suministradora.

Tras realizar la acometida a través de armario de protección, a continuación, se situará el cuadro general de mando y protección, formado por seccionador general de corte automático, interruptor omnipolar, puesta a tierra y magnetotérmicos y diferencial. De este cuadro podrán salir circuitos de alimentación a subcuadros móviles, cumpliendo con las condiciones exigidas para instalaciones a la intemperie.

Toda instalación cumplirá con el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Riesgos más frecuentes:

- Heridas punzantes en manos.
- Caída de personas en altura o al mismo nivel.
- Descargas eléctricas de origen directo o indirecto.
- Trabajos con tensión.
- Intentar trabajar sin tensión, pero sin cerciorarse de que está interrumpida.
- Mal funcionamiento de los mecanismos y sistemas de protección.
- Usar equipos inadecuados o deteriorados.

Protecciones colectivas

Mantenimiento periódico de la instalación, con revisión del estado de las mangueras, toma de tierras, enchufes, etc.

Protecciones personales

Será obligatorio el uso de casco homologado de seguridad dieléctrica y guantes aislantes. Comprobador de tensión, herramientas manuales con aislamiento. Botas aislantes, chaqueta ignífuga en maniobras eléctricas. Tarimas, alfombrillas y pértigas aislantes.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Normas de actuación durante los trabajos

Cualquier parte de la instalación se considera bajo tensión, mientras no se compruebe lo contrario con aparatos destinados a tal efecto.

Los tramos aéreos serán tensados con piezas especiales entre apoyos. Si los conductores no pueden soportar la tensión mecánica prevista, se emplearán cables fiadores con una resistencia de rotura de 800 Kg. Fijando a estos el conductor con abrazaderas.

Los conductores si van por el suelo, no se pisarán ni se colocarán materiales sobre ellos, protegiéndose adecuadamente al atravesar zonas de paso.

En la instalación de alumbrado estarán separados los circuitos de zonas de trabajo, almacenes, etc. Los aparatos portátiles estarán convenientemente aislados y serán estancos al agua.

Las derivaciones de conexión a máquinas se realizarán con terminales a presión, disponiendo las mismas de mando de marcha y parada. No estarán sometidas a tracción mecánica.

Las lámparas de alumbrado estarán a una altura mínima de 2,50 metros del suelo, estando protegidas con cubierta resistente las que se puedan alcanzar con facilidad.

Las mangueras deterioradas se sustituirán de inmediato.

Se señalizarán los lugares donde estén instalados los equipos eléctricos.

Se darán instrucciones sobre medidas a tomar en caso de incendio o accidente eléctrico.

Existirá señalización clara y sencilla, prohibiendo el acceso de personas a los lugares donde estén instalados los equipos eléctricos, así como el manejo de aparatos eléctricos a personas no designadas para ello.

3.2.2.- Instalación contra incendios

Contrariamente a lo que se podría creer, los riesgos de incendio son numerosos en razón fundamentalmente de la actividad simultánea de varios oficios y de sus correspondientes materiales (madera de andamios, carpintería de huecos, resinas, materiales con disolventes en su composición, pinturas, etc.). Es pues importante su prevención máxima cuando se trata de trabajos en una obra como la que nos ocupa.

Tiene carácter temporal, utilizándola la contrata para llevar a buen término el compromiso de hacer una determinada construcción, siendo los medios provisionales de prevención los elementos materiales que usará el personal de obra para atacar el fuego.

Según la UNE-EN 2:1994, y de acuerdo con la naturaleza combustible, los fuegos se clasifican en:

- Clase A.

Denominados también secos, el material combustible son materias sólidas inflamables como la madera, el papel, la paja, etc. A excepción de los metales.

La extinción de estos fuegos se consigue por el efecto refrescante del agua o de soluciones que contienen un gran porcentaje de agua.

- Clase B.

Son fuegos de líquidos inflamables y combustibles, sólidos o licuables.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Los materiales combustibles más frecuentes son: alquitrán, gasolina, asfalto, disolventes, resinas, pinturas, barnices, etc. La extinción de estos fuegos se consigue por aislamiento del combustible del aire ambiente, o por sofocamiento.

- Clase C.

Son fuegos de sustancias que en condiciones normales pasan al estado gaseoso, como metano, butano, acetileno, hidrógeno, propano, gas natural.

Su extinción se consigue suprimiendo la llegada del gas.

- Clase D.

Son aquellos en los que se consumen metales ligeros inflamables y compuestos químicos reactivos, como magnesio, aluminio en polvo, limaduras de titanio, potasio, sodio, litio, etc.

Para controlar y extinguir fuegos de esta clase, es preciso emplear agentes extintores especiales, en general no se usarán ningún agente exterior empleado para combatir fuegos de la clase A, B-C, ya que existe el peligro de aumentar la intensidad del fuego a causa de una reacción química entre alguno de los agentes extintores y el metal que se está quemando.

En nuestro caso, la mayor probabilidad de fuego que puede provocarse son la clase A y clase B.

Riesgos más frecuentes

- Acopio de materiales combustibles.
- Trabajos de soldadura.
- Trabajos de llama abierta.
- Instalaciones provisionales de energía.

Protecciones colectivas

Mantener libres de obstáculos las vías de evacuación, especialmente escaleras. Instrucciones precisas al personal de las normas de evacuación en caso de incendio. Existencia de personal entrenado en el manejo de medios de extinción de incendios.

Se dispondrá de los siguientes medios de extinción, basándose en extintores portátiles homologados y convenientemente revisados:

- 1 de CO₂ de 5 Kg. junto al cuadro general de protección.
- 1 de polvo seco ABC de 6 Kg. en la oficina de obra.
- 1 de CO₂ de 5 Kg. en acopio de líquidos inflamables.
- 1 de CO₂ de 5 Kg. en acopio de herramientas, si las hubiera.
- 1 de polvo seco ABC de 6 Kg. en los tajos de soldadura o llama abierta.

Normas de actuación durante los trabajos.

- Prohibición de fumar en las proximidades de líquidos inflamables y combustibles.
- No acopiar grandes cantidades de material combustible.
- No colocar fuentes de ignición próximas al acopio de material.
- Revisión y comprobación periódica de la instalación eléctrica provisional.
- Retirar el material combustible de las zonas próximas a los trabajos de soldadura.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

3.2.3.- Instalación de maquinaria

Se dotará a todas las máquinas de los oportunos elementos de seguridad.

3.2.4.- Instalaciones de bienestar e higiene

Debido a que instalaciones de esta índole admiten una flexibilidad a todas luces natural, pues es el Jefe de obra quien ubica y proyecta las mismas en función de su programación de obra, se hace necesario, ya que no se diseña marcar las pautas y condiciones que deben reunir, indicando el programa de necesidades y su superficie mínimo en función de los operarios calculados.

Las condiciones necesarias para su trazado se resumen en los siguientes conceptos:

3.3.- Condiciones de ubicación

Debe ser el punto más compatible con las circunstancias producidas por los objetos en sus entradas y salidas de obra. Debe situarse en una zona intermedia entre los dos espacios más característicos de la obra, que son normalmente el volumen sobre rasante y sótanos, reduciendo por tanto los desplazamientos.

En caso de dificultades producidas por las diferencias de cotas con las posibilidades acometidas al saneamiento, se resolverán instalando bajantes provisionales o bien recurriendo a saneamiento colgado con carácter provisional.

3.4.- Ordenanzas y dotaciones de reserva de superficie respecto al número de trabajadores

Abastecimiento de agua

Las empresas facilitarán a su personal en los lugares de trabajo agua potable, vestuarios y aseos.

La empresa dispondrá en el centro de trabajo de cuartos de vestuarios y aseos para uso personal. La superficie mínima de los vestuarios será de 2 m² por cada trabajador, y tendrá una altura mínima de 2,30 m.

Estarán provistos de asientos y de armarios metálicos o de madera individuales para que los trabajadores puedan cambiarse y dejar además sus efectos personales, estarán provistos de llave, una de las cuales se entregará al trabajador y otra quedará en la oficina para casos de emergencia.

- Número de taquillas: 1 Ud. / trabajador

El número de grifos será, por lo menos, de uno por cada diez usuarios.

La empresa los dotará de toallas individuales o secadores de aire caliente, toalleros automáticos o toallas de papel, con recipientes.

- Número de grifos: 1 Ud. / 10 trabajadores

El número de retretes será de uno por cada 25 usuarios. Estarán equipados completa y suficientemente ventilados. Las dimensiones mínimas de cabinas serán de 1x 1,20 y 2,30 m de altura.

- Número de retretes: 1 Ud. / 25 trabajadores

El número de duchas será de una por cada 10 trabajadores y serán de agua fría y caliente.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Número de duchas: 1 Ud. / 10 trabajadores

Los suelos, paredes y techos de estas dependencias serán lisos e impermeables y con materiales que permitan el lavado con líquidos desinfectantes o antisépticos con la frecuencia necesaria.

Botiquines

En el centro de trabajo se dispondrá de un botiquín con los medios necesarios para efectuar las curas de urgencia en caso de accidente, y estará a cargo de él una persona capacitada designada por la empresa.

4.- Fases de la ejecución de la obra

4.1.- Estructura metálica/aluminio

Fases de ejecución

- Descarga y acopio de material.
- Colocación en la cubierta.

Procesos más significativos por orden de ejecución

- Izado de materia a cubierta.
- Replanteo, alineación y fijación de los elementos, sobre la estructura portante de la cubierta.

Materiales - Herramientas

- Herramientas manuales.
- Eslingas y sistemas de elevación.

Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos por desplome.
- Caída de objetos por manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Caída de trabajadores al mismo nivel.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes por objetos y herramientas.
- Atrapamiento por/entre objetos.
- Sobreesfuerzos.

Normas y medidas preventivas

El jefe del equipo antes de realizar cualquier maniobra de acopio, descarga o colocación de material, revisará:

- El correcto estado de eslingas y sistemas de enganche.
- La posible presencia de trabajadores en el radio de trabajo.

Protecciones Individuales

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Guantes de protección.
- Gafas de seguridad.
- Cinturón de seguridad anticaída.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

4.2.- Montaje: Módulos fotovoltaicos

Fases de ejecución

- Descarga de material.
- Enganche y elevación.
- Apoyo sobre elementos portantes y resistentes de la estructura, como la cabeza de pilares.

Procesos más significativos por orden de ejecución

- Elevación de los módulos.
- Desenganche de los módulos.

Materiales - Herramientas

- Herramientas manuales.
- Eslingas y sistemas de elevación.

Riesgos más frecuentes

- Caída de objetos por desplome.
- Caída de objetos por manipulación.
- Caída de objetos desprendidos.
- Caída de trabajadores a diferente nivel.
- Caída de trabajadores al mismo nivel.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes por objetos y herramientas.
- Atrapamiento por/entre objetos.
- Sobreesfuerzos.

Normas y medidas preventivas

El jefe del equipo antes de realizar cualquier maniobra de acopio, descarga o colocación de módulos, revisará:

- El correcto estado de eslingas y sistemas de enganche utilizados.
- La posible presencia de trabajadores en el radio de trabajo.
- Tendrá en cuenta en todo momento el tipo y características de los elementos que debe descargar, y por tanto, el método utilizado y los diámetros de las eslingas.

Protecciones Individuales

- Casco de seguridad.
- Botas de seguridad.
- Guantes de protección.
- Gafas de seguridad.
- Cinturón de seguridad anticaída.
- Ropa de trabajo ajustada.

4.3.- Trabajos en cubierta

Procedimientos y equipos técnicos que se utilizaran

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

El proyecto se desarrollará en cubierta plana.

Debido al procedimiento constructivo de la estructura sobre cubierta no será necesario la instalación de andamio perimetral ni plataformas de trabajo ya que el trabajo se realizará por encima de la cubierta ya ejecutada, además de una línea de vida.

Riesgos profesionales

- Caída de materiales.
- Golpes con materiales o herramientas.
- Inclemencias del tiempo.
- Caída de personas a distinto nivel.
- Caída de personas al mismo nivel.
- Caída de objetos a niveles inferiores.
- Sobreesfuerzos.
- Quemaduras (sellados, impermeabilizaciones en caliente).
- Golpes o cortes por manejo de herramientas manuales.
- Otros.

Protecciones individuales

- Casco de seguridad obligatorio (preferentemente con barboquejo).
- Calzado de seguridad, clase I.
- Guantes de goma o cuero.
- Cinturón de seguridad.
- Traje intemperie, circunstancialmente.
- Ropa de trabajo.
- Botas de goma.
- Guantes de cuero impermeabilizados.
- Cinturón de seguridad.
- Trajes para tiempo lluvioso.

Protecciones colectivas y medidas de seguridad

- Colocación de ganchos o anclajes que puedan utilizarse, bien directamente o mediante cables, para atar los cinturones de seguridad.
- El acceso a la cubierta se efectuará mediante plataformas elevadoras, accesos o pasarelas seguras y sólidas.
- En los trabajos en cubiertas, cuya consistencia no soporte el peso de las personas, se trabajará sobre pasarelas o planchadas de tabloncillos sujetos en puntos de apoyo resistente.
- En todo momento se mantendrá la cubierta que se ejecuta limpia y libre de obstáculos que dificulten la circulación o los trabajos.
- Los plásticos, cartón, papel y flejes, procedentes de los diversos empaquetados, se recogerán inmediatamente que se hayan abierto los paquetes, para su eliminación posterior.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

ALBAÑILERÍA

Riesgos profesionales

- Caída de personas.
- Caída de materiales.
- Cortes y golpes en manos.
- Golpes y contusiones.
- Lesiones oculares.
- Afecciones de la piel.
- Polvo.
- Sobre-esfuerzos.

Protecciones individuales

- Casco de seguridad obligatorio.
- Calzado de seguridad, clase I.
- Guantes de goma o cuero.
- Gafas anti-impactos.
- Mascarillas antipolvo.
- Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas y medidas de seguridad

- Las zonas de trabajo se mantendrán limpias y con buena iluminación.
- Los huecos, tanto en el plano horizontal como en el vertical, se mantendrán protegidos.
- Los andamios tendrán plataformas de trabajo antideslizantes, fijas y de 60 cm. de anchura, barandilla de 90 cm. y rodapié de 20 cm.
- El acceso a los andamios se hará por escaleras de mano sólidamente sujetas y sin peligro de desplazamiento.
- No trabajar en niveles superpuestos.

4.4.- Trabajo con grúas

Para trabajos con grúas, se vigilará con especial atención la zona de emplazamiento de la máquina, estudiando en detalle las condiciones del terreno y las zonas de interferencia.

Riesgos más comunes

- Aplastamiento físico.
- Cortes.
- Atrapamientos.
- Caídas de la carga.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Interferencias con otras instalaciones.
- Cortes y golpes por herramientas, materiales o maquinaria.
- Contactos eléctricos directos o indirectos.
- Sobre – esfuerzos.
- Vuelco de grúas.

Protecciones individuales

- Casco.
- Guantes.
- Gafas.
- Mascarillas.
- Botas de seguridad acordes al tipo de trabajo.
- Cinturón de seguridad.
- Ropa de trabajo.

Protecciones colectivas y medidas de seguridad

- No permanecer en la zona de maniobra.
- Dirigir la maniobra una sola persona.
- Buena organización de los trabajos.
- Buena iluminación.
- Señalización y carteles de aviso.
- Célula de carga en grúas.
- Buena ventilación.
- Disponer de extintores.
- Para maniobras de equipos de gran peso, el Contratista elaborará y someterá a aprobación de la Dirección de Obra, un estudio detallado de la misma, indicando los siguientes puntos básicos:
- Peso del equipo a manejar y grúa o grúas previstas a utilizar.
- Radios de giro y posibles interferencias.
- Persona responsable de la maniobra y horario de ejecución.
- Certificado de estribos y grilletes, indicando las pruebas a que fueron sometidos, y resistencia de estos a las cargas indicadas.
- Estado de revisión de la maquinaria a utilizar.

4.5.- Trabajos en altura

Riesgos profesionales más comunes

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Caídas a distinto nivel.
- Caídas al mismo nivel.
- Caídas de objetos en manipulación.
- Pisadas sobre objetos.
- Golpes por objetos o herramientas.

Normas y medidas preventivas tipo

- Los trabajos en altura no serán realizados por aquellas personas cuya condición física les cause vértigo o altere su sistema nervioso, padezcan ataques de epilepsia o sean susceptibles, por cualquier motivo, de desvanecimientos o alteraciones peligrosas.
- Los trabajos en altura sólo podrán efectuarse, en principio, con la ayuda de equipos concebidos para tal fin o utilizando dispositivos de protección colectiva, tales como barandillas, plataformas o redes de seguridad. Si por la naturaleza del trabajo ello no fuera posible, deberá disponerse de medios de acceso seguros y utilizarse cinturones de seguridad con anclaje u otros medios de protección equivalentes.
- Se deberá de proteger en particular:
 - Las aberturas de los suelos.
 - Las aberturas en paredes o tabiques, siempre que su situación y dimensiones suponga un riesgo de caída de personas, y las plataformas, muelles o estructuras similares.
 - Los lados abiertos de las escaleras y rampas de más de 60 centímetros de altura. Los lados cerrados tendrán unos pasamanos, a una altura mínima de 90 centímetros, si la anchura de la escalera es mayor de 1,2 metros; si es menor, pero ambos lados son cerrados, al menos uno de los dos llevará pasamanos.
- Las plataformas, andamios y pasarelas, así como los desniveles, huecos y aberturas existentes en los pisos de las obras, que supongan para los trabajadores un riesgo de caída de altura superior a 2 metros, se protegerán mediante barandillas u otro sistema de protección colectiva de seguridad equivalente.
- Las barandillas serán resistentes, tendrán una altura mínima de 90 centímetros y dispondrán de un reborde de protección, unos pasamanos y una protección intermedia que impidan el paso o deslizamiento de los trabajadores.
- La estabilidad y solidez de los elementos de soporte y el buen estado de los medios de protección deberán verificarse previamente a su uso, posteriormente de forma periódica y cada vez que sus condiciones de seguridad puedan resultar afectadas por una modificación, período de no utilización o cualquier otra circunstancia.
- No se comenzará un trabajo en altura si el material de seguridad no es idóneo, no está en buenas condiciones o sencillamente no se tiene.
- Nunca se deben improvisar las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente.
- Las plataformas, pasarelas, andamiadas y, en general, todo lugar en que se realicen los trabajos deberá disponer de accesos fáciles y seguros y se mantendrán libres de obstáculos, adoptándose las medidas necesarias para evitar que el piso resulte resbaladizo.
- Los huecos y aberturas para la elevación del material y, en general, todos aquellos practicados en los pisos de las obras en construcción que por su especial situación resulten peligrosos serán convenientemente protegidos mediante barandillas sólidas a 90 centímetros de altura.
- Al trabajar en lugares elevados no se arrojarán herramientas ni materiales. Se pasarán de mano en mano o se utilizará una cuerda o capazo para estos fines.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Caso de existir riesgo de caída de materiales a nivel inferior, se balizará, o si no es posible, se instalarán señales alertando del peligro en toda la zona afectada.
- En caso de existir riesgo de caída de materiales incandescentes se vallará o se señalizará toda la zona afectada y si hubiera materiales o equipos y personal en las plantas inferiores, se colocarán mantas ignífugas.
- Los accesos a las plataformas de trabajo elevadas se harán con la debida seguridad, mediante escaleras de servicio y pasarelas. Nunca se debe hacer trepando por los pilares o andando por las vigas.
- Los pavimentos de las rampas, escaleras y plataformas de trabajo serán de materiales no resbaladizos o dispondrán de elementos antideslizantes.
- Las escaleras que pongan en comunicación los distintos pisos de la obra en construcción deberán cada una salvar sólo la altura entre cada dos pisos inmediatos; podrán ser de fábrica, metálicas o de madera, siempre que reúnan condiciones suficientes de resistencia, amplitud y seguridad.
- Se tendrá un especial cuidado en no cargar la cubierta con materiales, aparatos o, en general, cualquier carga que pueda provocar su hundimiento.
- En los trabajos sobre cubiertas y tejados se emplearán los medios adecuados para que los mismos se realicen sin peligro, tales como barandillas, pasarelas, plataformas, andamiajes, escaleras u otros análogos.
- Cuando se trate de cubiertas y tejados contruidos con materiales resbaladizos o de poca resistencia, que presenten marcada inclinación o que las condiciones atmosféricas resulten desfavorables, se extremarán las medidas de seguridad, sujetándose los operarios con cinturones de seguridad, que irán unidos convenientemente a puntos fijados sólidamente.
- Los trabajadores que operen en el montaje de estructuras metálicas sobre elementos de la obra que por su elevada situación o por cualquier otra circunstancia, ofrezcan peligro de caída grave, deberán estar provistos de cinturones de seguridad, unidos convenientemente a puntos sólidamente fijados.

Protecciones individuales

- Casco de seguridad contra choques e impactos, para la protección de la cabeza.
- Botas de seguridad antideslizantes y con la puntera reforzada en acero.
- Cinturón de seguridad de sujeción, o bien anticaídas o bien con arnés.
- Guantes de trabajo.
- Ropa de protección para el mal tiempo.

4.6.- Instalaciones eléctricas

Riesgos más frecuentes

- Caídas de personas.
- Electrocuciiones.
- Heridas en las manos.

Protecciones colectivas

- En todo momento se mantendrán las zonas de trabajo limpias, ordenadas y suficientemente iluminadas.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Previamente a la iniciación de los trabajos, se establecerán puntos fijos para el enganche de los cinturones de seguridad.
- Siempre que sea posible se instalará una plataforma de trabajo protegida con barandilla y rodapié.

Protecciones personales

- Será obligatorio el uso de casco, cinturón de seguridad y calzado antideslizante.
- En pruebas con tensión, calzado y guantes aislantes.
- Cuando se manejen cables se usarán guantes de cuero.
- Siempre que las condiciones de trabajo exijan otros elementos de protección, se dotará a los trabajadores de estos.

Escaleras

- Las escaleras para usar, si son de tijera, estarán dotadas de tirantes de limitación de apertura; si son de mano tendrán dispositivos antideslizantes y se fijarán a puntos sólidos de la edificación y sobrepasarán en 0,70 m., como mínimo el desnivel a salvar. En ambos casos su anchura mínima será de 0,50 m.

Medios auxiliares

- Los taladros y demás equipos portátiles alimentados por electricidad tendrán doble aislamiento. Las pistolas fija-clavos, se utilizarán siempre con su protección.

Pruebas

- Las pruebas con tensión se harán después de que el encargado haya revisado la instalación, comprobando no queden a terceros, uniones o empalmes sin el debido aislamiento.

Normas de actuación durante los trabajos

- Si existieran líneas cercanas al tajo, si es posible, se dejarán sin servicio mientras se trabaja; y si esto no fuera posible, se apantallarán correctamente o se recubrirán con macarrones aislantes.
- En régimen de lluvia, nieve o hielo, se suspenderá el trabajo.

5.- Obligaciones del promotor

Antes del inicio de los trabajos, designará un coordinador en materia de seguridad y salud, cuando en la ejecución de las obras intervengan más de una empresa, o una empresa y trabajadores autónomos, o diversos trabajadores autónomos.

La designación de coordinadores en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de sus responsabilidades.

El promotor deberá efectuar un aviso a la autoridad laboral competente antes del comienzo de las obras, que se redactará con arreglo a lo dispuesto en el Anexo III del R.D. 1627/1997, de 24 de octubre, debiendo exponerse en la obra de forma visible y actualizándose si fuera necesario.

6.- Coordinadores en materia de seguridad y salud

La designación de los coordinadores en la elaboración del proyecto y en la ejecución de la obra podrá recaer en la misma persona.

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- 1.- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y seguridad.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- 2.- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra, y en particular, en las actividades a que se refiere el artículo 10 del R.D. 1627/1997.
- 3.- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- 4.- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales.
- 5.- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- 6.- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La D.F. asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

7.- Plan de seguridad y salud en el trabajo

En aplicación del estudio básico de seguridad y salud, el Contratista, antes del inicio de la obra, elaborará un plan de seguridad y salud en el trabajo en el que se analicen, estudien, desarrollen y complementen las previsiones contenidas en este estudio básico y en función de su propio sistema de ejecución de obra. En dicho plan se incluirán, en su caso, las propuestas de medidas alternativas de prevención que el contratista proponga con la correspondiente justificación técnica, y que no podrán implicar disminución de los niveles de protección previstos en este estudio básico.

El plan de seguridad y salud deberá ser aprobado, antes del inicio de la obra, por el coordinador en materia de seguridad y salud. Durante la ejecución de la obra, este podrá ser modificado por el contratista en función del proceso de ejecución de esta, de la evolución de los trabajos y de las posibles incidencias o modificaciones que puedan surgir a lo largo de la obra, pero siempre con la aprobación expresa del coordinador. Cuando no fuera necesaria la designación del coordinador, las funciones que se le atribuyen serán asumidas por la Dirección Facultativa.

Quienes intervengan en la ejecución de la obra, así como las personas u órganos con responsabilidades en materia de prevención en las empresas intervinientes en la misma y los representantes de los trabajadores, podrán presentar por escrito y de manera razonada, las sugerencias y alternativas que estimen oportunas; por lo que el plan de seguridad y salud estará en la obra a disposición permanente de los antedichos, así como de la Dirección Facultativa.

8.- Obligaciones de contratistas y subcontratistas

El contratista y subcontratista están obligados a:

1.- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza.
- Elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de accesos, y la determinación de vías, zonas de desplazamientos y circulación.
- Manipulación de distintos materiales y utilización de medios auxiliares.
- Mantenimiento, control previo a la puesta en servicio y control periódico de las instalaciones y dispositivos necesarios para la ejecución de las obras, con objeto de corregir los defectos que pudieran afectar a la seguridad y salud de los trabajadores.
- Delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materias peligrosas.
- Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
- Recogida de materiales peligrosos utilizados.
- Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- Cooperación entre todos los intervinientes en la obra.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.

2.- Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el plan de seguridad y salud.

3.- Cumplir la normativa en materia de prevención de riesgos laborales, teniendo en cuenta las obligaciones sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, así como cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.

4.- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud.

5.- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra.

Serán responsables de la ejecución correcta de las medidas preventivas fijadas en el plan de seguridad y salud, y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente, o en su caso, a los trabajadores autónomos por ellos contratados. Además, responderán solidariamente de las consecuencias que se deriven del incumplimiento de las medidas previstas en el plan.

Las responsabilidades del coordinador, Dirección Facultativa y del promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

9.- Obligaciones de los trabajadores

Los trabajadores autónomos están obligados a:

1.- Aplicar los principios de la acción preventiva que se recoge en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, y en particular:

- Mantenimiento de la obra en buen estado de orden y limpieza
- Almacenamiento y evacuación de residuos y escombros
- Recogida de materiales peligrosos utilizados.
- Adaptación del periodo de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
- Cooperación entre todos los intervinientes en la obra "-Interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad-".

2.- Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del R.D. 1627/1997.

3.- Ajustar su actuación conforme a los deberes sobre coordinación de las actividades empresariales previstas en el artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales, participando en particular en cualquier medida de actuación coordinada que se hubiera establecido.

4.- Cumplir con las obligaciones establecidas para la formación de los trabajadores según el artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

5.- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el R.D. 1215/1997.

6.- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el R.D. 773/1997.

7.- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud.

Los trabajadores autónomos deberán cumplir lo establecido en el plan de seguridad y salud.

10.- Libro de incidencias

En cada centro de trabajo existirá con fines de control y seguimiento del plan de seguridad y salud, un libro de incidencias que constará de hojas duplicado y que será facilitado por el colegio profesional al que pertenezca el técnico que haya aprobado el plan de seguridad y salud.

Deberá mantenerse siempre en obra y en poder del coordinador. Tendrán acceso al libro, la Dirección Facultativa, los contratistas y subcontratistas, los trabajadores autónomos, las personas con responsabilidades en materia de prevención

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

de las empresas intervinientes, los representantes de los trabajadores, y los técnicos especializados de las Administraciones Públicas competentes en esta materia, quienes podrán hacer anotaciones en el mismo.

Efectuada una anotación en el libro de incidencias, el coordinador estará obligado a remitir en el plazo de 24 h. una copia a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará dichas anotaciones al contratista y a los representantes de los trabajadores.

11.- Paralización de los trabajos

Cuando el coordinador durante la ejecución de las obras observase el incumplimiento de las medidas de seguridad y salud, advertirá al contratista y dejará constancia de tal incumplimiento en el libro de incidencias, quedando facultado para, en circunstancias de riesgo grave e inminente para la seguridad y salud de los trabajadores, disponer la paralización de tajo, o en su caso, de la totalidad de la obra. Dará cuenta de este hecho a los efectos oportunos, a la Inspección de Trabajo y Seguridad Social de la provincia en que se realiza la obra. Igualmente notificará al contratista, y en su caso a los subcontratistas y/o autónomos afectados por la paralización a los representantes de los trabajadores.

12.- Derechos de los trabajadores

Los contratistas y subcontratistas deberán garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a seguridad y salud en la obra.

- Una copia del plan de seguridad y salud y de sus posibles modificaciones, a los efectos de su conocimiento y seguimiento, será facilitada por el contratista a los representantes de los trabajadores en el centro de trabajo.

13.- Disposiciones mínimas de seguridad y salud que deben aplicarse en las obras

Las obligaciones previstas en las tres partes del Anexo IV del R.D. 1627/1997, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, se aplicarán siempre que lo exijan las características de la obra o de la actividad, las circunstancias o cualquier riesgo.

Descrito y justificado el presente estudio de seguridad y salud, objeto del estudio y de conformidad con las disposiciones que regulan la materia, se da por concluida, elevándola a la consideración de los órganos competentes para su aprobación y legalización, quedando a su disposición para cuantas aclaraciones se estimen oportunas.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 7. GESTIÓN DE RESIDUOS

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- Introducción

De acuerdo con el RD 105/2008 de 1 de febrero, por el que se regula la gestión de los residuos de construcción y demolición, se redacta el presente Anejo, conforme a lo dispuesto en el artículo 4, con el siguiente contenido:

1. Identificación de los residuos y estimación de la cantidad de estos.
2. Medidas para la prevención de residuos.
3. Operaciones de reutilización, valorización o eliminación a que se destinarán los residuos generados.
4. Medidas para la separación de los residuos en obra.
5. Planos de las instalaciones para el almacenamiento, manejo, separación u otras operaciones de gestión.
6. Pliego de prescripciones técnicas particulares.
7. Valoración del coste previsto para la correcta gestión de los RCDs.

2.- Identificación de residuos y estimación de la cantidad

2.1.- Identificación de los residuos a generar

La identificación de los residuos a generar, se realizará codificándolos con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores.

De acuerdo con ella tendremos:

RCDs de Nivel I.- Residuos generados por el desarrollo de las obras de infraestructura de ámbito local o supramunicipal contenidas en los diferentes planes de actuación urbanística o planes de desarrollo de carácter regional, siendo resultado de los excedentes de excavación de los movimientos de tierra generados en el transcurso de dichas obras. Se trata, por tanto, de las tierras y materiales pétreos, no contaminados, procedentes de obras de excavación.

Para la obra objeto de este proyecto no se generarán residuos del tipo **RCDs de Nivel I.**

RCDs de Nivel II.- Residuos generados principalmente en las actividades propias del sector de la construcción, de la demolición, de la reparación domiciliar y de la implantación de servicios. Son residuos no peligrosos que no experimentan transformaciones físicas, químicas o biológicas significativas.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente ni de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las que entran en contacto de forma que puedan dar lugar a contaminación del medio ambiente o perjudicar a la salud humana. Se contemplan los residuos inertes procedentes de obras de construcción y demolición, incluidos los de obras menores de construcción y reparación domiciliar sometidas a licencia municipal o no.

Los residuos a generados serán tan solo los marcados a continuación de la Lista Europea establecida en la Orden MAM/304/2002.

No se incluirán los materiales que no superen 1 m³ de aporte y no sean considerados peligrosos, de manera que no requieran un tratamiento especial.

Con esta última consideración, se estima que la producción de los residuos del tipo RCDs de Nivel II para este proyecto será nula.

2.2.- Estimación de la cantidad de residuos a generar

La estimación de residuos de la obra se realizará en función de las categorías indicadas anteriormente, y expresadas en Toneladas (Tn) y Metros Cúbicos (m³) tal y como establece el RD 105/2008.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

En ausencia de datos más contrastados se manejan parámetros estimativos estadísticos del 5% del Volumen de material utilizado, con una densidad tipo del orden de 0,5 a 2,50 Tn/m³.

En base a estos datos, la estimación completa de residuos en la obra, así como los pesos y volúmenes en función de la tipología de los residuos, se pueden observar e la figura 24.

RCD Nivel I						
		Tn	d	V	TRATAMIENTO	DESTINO
Evaluación teórica del peso por tipología RDC		Toneladas de cada tipo de RDC	Tn/m ³ Densidad	m ³ Volumen de residuos	-	-
1. TIERRAS Y PETREOS DE LA EXCAVACION						
		0	1,14	0,0000	Sin tratamiento esp.	Restauración/Vertedero
RCD Nivel II						
	% de peso	Tn	d	V		
Evaluación teórica del peso por tipología RDC		Toneladas de cada tipo de RDC	Tn/m ³ Densidad	m ³ Volumen de residuos		
RCD: Naturaleza no pétreo						
1. Asfalto	0,00%	0	0,88	0,0000	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
2. Madera	0,50%	0,19	1,13	0,1676	Reciclado	Gestor autorizado RNP'
3. Metales	0,00%	0	1,08	0,0000	Reciclado	Gestor autorizado RNP'
4. Papel y cartón	0,50%	0,19	1,01	0,1890	Reciclado	Gestor autorizado RNP'
5. Plástico	0,11%	0,04	0,86	0,0468	Reciclado	Gestor autorizado RNP'
6. Vidrio	0,00%	0	1,00	0,0000	Reciclado	Gestor autorizado RNP'
7. Yeso	0,00%	0	1,00	0,0000	Reciclado	Gestor autorizado RNP'
TOTAL ESTIMACION	0,6885	0,42		0,4034		
RCD: Naturaleza pétreo						
1. Arena grava y otros áridos	0,00%	0	1,13	0,0000	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
2. Hormigón	0,00%	0	2,20	0,0000	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
3. Ladrillos, azulejos y otros cerámicos	0,00%	0	1,03	0,0000	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
4. Piedra	0,00%	0	1,09	0,0000	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
TOTAL ESTIMACION	0,0000	0		0,0000		
RCD: Naturaleza pétreo						
1. Basuras	0,00%	0,19	1,01	0,1890	Reciclado	Planta de reciclaje RCD
2. Potencialmente Peligrosos y Otros	0,00%	0	1,35	0,0000	Reciclado	Gestor autorizado RNP'
TOTAL ESTIMACION	0,3115	0,19		0,1890		
TOTAL ESTIMACION	1,0000	0,6100	Tn	0,5923	m ³	

Figura 24. Tabla resumen de RCDs producidos

3.- Medidas para la prevención de residuos

Para la prevención de residuos se establecen las siguientes pautas, las cuales deben interpretarse como una clara estrategia por parte del poseedor de los residuos, aportando la información dentro del Plan de Gestión de Residuos, que él estime conveniente en la Obra para alcanzar los siguientes objetivos:

1. Minimizar y reducir las cantidades de materias primas que se utilizan y de los residuos que se originan son aspectos prioritarios en las obras.

Hay que prever la cantidad de materiales que se necesitan para la ejecución de la obra. Un exceso de materiales, además de ser caro, es origen de un mayor volumen de residuos sobrantes de ejecución.

También es necesario prever el acopio de los materiales fuera de zonas de tránsito de la obra, de forma que permanezcan bien embalados y protegidos hasta el momento de su utilización, con el fin de evitar residuos procedentes de la rotura de piezas.

2. Los residuos que se originan deben ser gestionados de la manera más eficaz para su valorización.

Es necesario prever en qué forma se va a llevar a cabo la gestión de todos los residuos que se originan en la obra. Se debe determinar la forma de valorización de los residuos, si se reutilizarán, reciclarán o servirán para recuperar la energía almacenada en ellos. El objetivo es poder disponer los medios y trabajos necesarios para que los residuos resultantes estén en las mejores condiciones para su valorización.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

3. Fomentar la clasificación de los residuos que se producen de manera que sea más fácil su valoración y gestión en el vertedero.

La recogida selectiva de los residuos es tan útil para facilitar su valorización como para mejorar su gestión en el vertedero. Así, los residuos, una vez clasificados pueden enviarse a gestores especializados en el reciclaje o deposición de cada uno de ellos, evitándose así transportes innecesarios porque los residuos sean excesivamente heterogéneos o porque contengan materiales no admitidos por el vertedero o la central recicladora.

4. Elaborar criterios y recomendaciones específicas para la mejora de la gestión.

No se puede realizar una gestión de residuos eficaz si no se conocen las mejores posibilidades para su gestión. Se trata, por tanto, de analizar las condiciones técnicas necesarias y, antes de empezar los trabajos, definir un conjunto de prácticas para una buena gestión de la obra, y que el personal deberá cumplir durante la ejecución de los trabajos.

5. Planificar la obra teniendo en cuenta las expectativas de generación de residuos y de su eventual minimización o reutilización.

Se deben identificar, en cada una de las fases de la obra, las cantidades y características de los residuos que se originarán en el proceso de ejecución, con el fin de hacer una previsión de los métodos adecuados para su minimización o reutilización y de las mejores alternativas para su deposición. Es necesario que las obras vayan planificándose con estos objetivos, porque la evolución nos conduce hacia un futuro con menos vertederos, cada vez más caros y alejados.

6. Disponer de un directorio de los compradores de residuos, vendedores de materiales reutilizados y recicladores más próximos.

La información sobre las empresas de servicios e industriales dedicadas a la gestión de residuos es una base imprescindible para planificar una gestión eficaz.

7. El personal de la obra que participa en la gestión de los residuos debe tener una formación suficiente sobre los aspectos administrativos necesarios.

El personal debe recibir la formación necesaria para ser capaz de rellenar partes de transferencia de residuos al transportista (apreciar cantidades y características de los residuos), verificar la calificación de los transportistas y supervisar que los residuos no se manipulan de modo que se mezclen con otros que deberían ser depositados en vertederos especiales.

8. La reducción del volumen de residuos reporta un ahorro en el coste de su gestión.

El coste actual de vertido de los residuos no incluye el coste ambiental real de la gestión de estos residuos. Hay que tener en cuenta que cuando se originan residuos también se producen otros costes directos, como los de almacenamiento en la obra, carga y transporte; asimismo se generan otros costes indirectos, los de los nuevos materiales que ocuparán el lugar de los residuos que podrían haberse reciclado en la propia obra; por otra parte, la puesta en obra de esos materiales dará lugar a nuevos residuos. Además, hay que considerar la pérdida de los beneficios que se podían haber alcanzado si se hubiera recuperado el valor potencial de los residuos al ser utilizados como materiales reciclados.

9. Los contratos de suministro de materiales deben incluir un apartado en el que se defina claramente que el suministrador de los materiales y productos de la obra se hará cargo de los embalajes en que se transportan hasta ella.

Se trata de hacer responsable de la gestión a quien origina el residuo. Esta prescripción administrativa de la obra también tiene un efecto disuasorio sobre el derroche de los materiales de embalaje que padecemos.

10. Los contenedores, sacos, depósitos y demás recipientes de almacenaje y transporte de los diversos residuos deben estar etiquetados debidamente.

Los residuos deben ser fácilmente identificables para los que trabajan con ellos y para todo el personal de la obra. Por consiguiente, los recipientes que los contienen deben ir etiquetados, describiendo con claridad la clase y características de los residuos. Estas etiquetas tendrán el tamaño y disposición adecuada, de forma que sean visibles, inteligibles y duraderas, esto es, capaz de soportar el deterioro de los agentes atmosféricos y el paso del tiempo.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

4.- Operaciones de reutilización, valorización o eliminación de los residuos generados.

4.1.- Medidas de segregación "in situ"

En base al artículo 5.5 del RD 105/2008, los residuos de construcción y demolición deberán separarse en fracciones, cuando, de forma individualizada para cada una de dichas fracciones, la cantidad prevista de generación para el total de la obra supere las cantidades presentes en la figura 25.

Hormigón	80,00 T
Ladrillos, tejas, cerámicos	40,00 T
Metales	2,00 T
Madera	1,00 T
Vidrio	1,00 T
Plásticos	0,50 T
Papel y cartón	0,50 T

Figura 25. Tabla de cantidades máximas en las que se fraccionan los RCDs (artículo 5.5 del RD 105/2008)

Dadas las características de la obra no se será necesario la incorporación de sacos industriales ni contenedores a obra para el acopio de residuos, como se puede observar en la figura 26.

Tipo de residuo	Umbral (Tn)	Total Obra (Tn)	Separación in situ
Hormigón	80	0	No obligatorio
Ladrillos, tejas, cerámicos	40	0	No obligatorio
Metales	2	0	No obligatorio
Madera	1	0,19	No obligatorio
Vidrio	1	0	No obligatorio
Plásticos	0,5	0,04	No obligatorio
Papel y cartón	0,5	0,19	No obligatorio

Figura 26. Estudio de contención/separación de RCDs

4.2.- Previsión de operaciones de reutilización

Se marcan las operaciones y el destino previstos inicialmente para los materiales (propia obra o externo)

OPERACIÓN PREVISTA	DESTINO INICIAL
No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado	
Reutilización de tierras procedentes de la excavación	
Reutilización de residuos minerales o pétreos en áridos reciclados o en urbanización	
Reutilización de materiales cerámicos	
Reutilización de materiales no pétreos: madera, vidrio...	
Reutilización de materiales metálicos	
Otros (indicar)	

4.3.- Previsión de operaciones de valorización "in situ" de los residuos generados

Se marcan las operaciones y el destino previstos inicialmente para los materiales (propia obra o externo)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

	OPERACIÓN PREVISTA
	No hay previsión de reutilización en la misma obra o en emplazamientos externos, simplemente serán transportados a vertedero autorizado
	R1 Utilización principal como combustible o como otro medio de generar energía
	R2 Recuperación o regeneración de disolventes
	R3 Reciclado o recuperación de sustancias orgánicas que no se utilizan como disolventes
	R4 Reciclado o recuperación de metales o compuestos metálicos
	R5 Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas
	R6 Regeneración de ácidos y bases
	R7 Recuperación de componentes utilizados para reducir la contaminación
	R8 Recuperación de componentes procedentes de catalizadores
	R9 Regeneración u otro nuevo empleo de aceites
	R10 Tratamiento de suelos produciendo un beneficio a la agricultura o una mejora ecológica de los mismos
	R11 Utilización de residuos obtenidos a partir de cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R10
	R12 Intercambio de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R11
	R13 Acumulación de residuos para someterlos a cualquiera de las operaciones enumeradas entre R1 y R12 (con exclusión del almacenamiento temporal previo a la recogida en el lugar de producción).
	Otros (indicar)

4.4.- Previsión de operaciones de eliminación

Se marcan las operaciones y el destino previstos inicialmente para los materiales (propia obra o externo)

	OPERACIÓN PREVISTA	DESTINO INICIAL
	D1 Depósito sobre el suelo o en su interior	
	D2 Tratamiento en medio terrestre	
	D3 Inyección en profundidad	
	D4 Embalse superficial	
	D5 Vertido en lugares especialmente diseñados	
	D6 Vertido en el medio acuático, salvo en el mar	
	D7 Vertido en el mar, incluida la inserción en el lecho marino	
	D8 Tratamiento biológico no especificado en otro apartado del presente anejo y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante alguno de los procedimientos enumerados entre D1 y D12	
	D9 Tratamiento fisicoquímico no especificado en otro apartado del presente anejo y que dé como resultado compuestos o mezclas que se eliminen mediante uno de los procedimientos enumerados entre D1 y D12	
	D10 Incineración en tierra	
	D11 Incineración en el mar	
	D12 Depósito permanente	
	D13 Combinación o mezcla previa a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D12	
	D14 Reenvasado previo a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D13	
	D15 Almacenamiento previo a cualquiera de las operaciones enumeradas entre D1 y D14.	

4.5.- Destino previsto para los residuos

A continuación, se establece el destino previsto para los residuos no reutilizables ni valorizables "in situ" (indicando características y cantidad de cada tipo de residuos).

Las empresas de Gestión y tratamiento de residuos estarán en todo caso autorizadas por la Comunidad Valenciana para la gestión de residuos no peligrosos.

Se indican a continuación las características y cantidad de cada tipo de residuos.

Terminología:

- RCD: Residuos de la Construcción y la Demolición

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- RSU: Residuos Sólidos Urbanos
- RNP: Residuos NO peligrosos
- RP: Residuos peligrosos

5.- Medidas para la separación de los residuos.

Los residuos de la misma naturaleza o similares deben ser almacenados en los mismos contenedores, ya que de esta forma se aprovecha mejor el espacio y se facilita su posterior valorización.

En caso de residuos peligrosos: Deben separarse y guardarse en un contenedor seguro o en una zona reservada, que permanezca cerrada cuando no se utilice y debidamente protegida de la lluvia.

Se ha de impedir que un eventual vertido de estos materiales llegue al suelo, ya que de otro modo causaría su contaminación. Por lo tanto, será necesaria una impermeabilización de este mediante la construcción de soleras de hormigón o zonas asfaltadas. Los recipientes en los que se guarden deben estar etiquetados con claridad y cerrar perfectamente, para evitar derrames o pérdidas por evaporación. Los recipientes en sí mismos también merecen un manejo y evacuación especiales: se deben proteger del calor excesivo o del fuego, ya que contienen productos fácilmente inflamables.

Podemos considerar que la gestión interna de los residuos de la obra, cuando se aplican criterios de clasificación, cuesta, aproximadamente, 2,7 horas persona/m³.

Conforme a lo establecido en el artículo 5 del R.D. 105/2008, no se prevé generar los valores mínimos necesarios para que se requiera la separación en fracciones de los RCDs.

6.- Plano de las instalaciones para el almacenamiento, manejo, separación u otras operaciones de gestión

Aunque apenas haya lugar donde colocar los contenedores, el poseedor de los residuos deberá encontrar en la obra un lugar apropiado en el que almacenar los residuos. Si para ello dispone de un espacio amplio con un acceso fácil para máquinas y vehículos, conseguirá que la recogida sea más sencilla. En el proyecto objeto de este estudio se prevé un volumen de residuos de 1 m³, en caso de ser almacenado en un contenedor, este estará situado dentro de un recinto vallado.

Si, por el contrario, no se acondiciona esa zona, habrá que mover los residuos de un lado a otro hasta depositarlos en el camión que los recoja.

Además, es peligroso tener montones de residuos dispersos por toda la obra, porque fácilmente son causa de accidentes. Así pues, deberá asegurarse un adecuado almacenaje y evitar movimientos innecesarios, que entorpecen la marcha de la obra y no facilitan la gestión eficaz de los residuos. En definitiva, hay que poner todos los medios para almacenarlos correctamente, y, además, sacarlos de la obra tan rápidamente como sea posible, porque el almacenaje en un solar abarrotado constituye un grave problema.

Es importante que los residuos se almacenen justo después de que se generen para que no se ensucien y se mezclen con otros sobrantes; de este modo facilitamos su posterior reciclaje. Asimismo, hay que prever un número suficiente de contenedores -en especial cuando la obra genera residuos constantemente- y anticiparse antes de que no haya ninguno vacío donde depositarlos.

En el presente proyecto, la ejecución de las unidades de obra generadoras de residuos lleva incluida el transporte y retirada de los mismos. El hecho anterior conlleva a que el almacenamiento temporal de residuos, en el supuesto de ser necesario, se realizaría sobre el camión que posteriormente procede a su transporte hacia vertedero autorizado.

En cualquier caso, por lo general siempre serán necesarios, como mínimo, los siguientes elementos de almacenamiento:

- Una zona específica para almacenamiento de materiales reutilizables.
- Un contenedor para residuos pétreos.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- Un contenedor y/o un compactador para residuos banales.
- Uno o varios contenedores para materiales contaminados.

7.- Pliego de prescripciones técnicas particulares

7.1.- Para el Productor de Residuos. (Artículo 4 RD 105/2008)

- a. Incluir en el Proyecto de Ejecución de la obra en cuestión, un “estudio de gestión de residuos”, el cual ha de contener como mínimo:
 - Estimación de los residuos que se van a generar.
 - Las medidas para la prevención de estos residuos.
 - Las operaciones encaminadas a la posible reutilización y separación de estos residuos.
 - Planos de instalaciones previstas para el almacenaje, manejo, separación, etc.
 - Pliego de Condiciones
 - Valoración del coste previsto de la gestión de los residuos, en capítulo específico.
- b. En obras de demolición, rehabilitación, reparación o reforma, hacer un inventario de los residuos peligrosos, así como su retirada selectiva con el fin de evitar la mezcla entre ellos o con otros residuos no peligrosos, y asegurar su envío a gestores autorizados de residuos peligrosos.
- c. Disponer de la documentación que acredite que los residuos han sido gestionados adecuadamente, ya sea en la propia obra, o entregados a una instalación para su posterior tratamiento por Gestor Autorizado. Esta documentación la debe guardar al menos los 5 años siguientes.
- d. Si fuera necesario, por así exigírselo, constituir la fianza o garantía que asegure el cumplimiento de los requisitos establecidos en la Licencia, en relación con los residuos.

7.2.- Para el Poseedor de los Residuos en la Obra. (Artículo 5 RD 105/2008)

La figura del poseedor de los residuos en la obra es fundamental para una eficaz gestión de estos, puesto que está a su alcance tomar las decisiones para la mejor gestión de los residuos y las medidas preventivas para minimizar y reducir los residuos que se originan.

En síntesis, los principios que debe observar son los siguientes:

- a. Presentar ante el promotor un Plan que refleje cómo llevará a cabo esta gestión, si decide asumirla él mismo, o en su defecto, si no es así, estará obligado a entregarlos a un Gestor de Residuos acreditándolo fehacientemente. Si se los entrega a un intermediario que únicamente ejerza funciones de recogida para entregarlos posteriormente a un Gestor, debe igualmente poder acreditar quien es el Gestor final de estos residuos.
- b. Este Plan, debe ser aprobado por la Dirección Facultativa, y aceptado por la Propiedad, pasando entonces a ser otro documento contractual de la obra.
- c. Mientras se encuentren los residuos en su poder, se deben mantener en condiciones de higiene y seguridad, así como evitar la mezcla de las distintas fracciones ya seleccionadas, si esta selección hubiere sido necesaria, pues además establece el articulado a partir de qué valores se ha de proceder a esta clasificación de forma individualizada.

Ya en su momento, la Ley 10/1998 de 21 de Abril, de Residuos, en su artículo 14, mencionaba la posibilidad de eximir de la exigencia a determinadas actividades que pudieran realizar esta valorización o de la eliminación de estos residuos no peligrosos en los centros de producción, siempre que las Comunidades Autónomas dictaran normas generales sobre cada tipo de actividad, en las que se fijan los tipos y cantidades de residuos y las condiciones en las que la actividad puede quedar dispensada.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Si él no pudiera por falta de espacio, debe obtener igualmente por parte del Gestor final, un documento que acredite que él lo ha realizado en lugar del Poseedor de los residuos.

- d. Debe sufragar los costes de gestión, y entregar al Productor (Promotor), los certificados y demás documentación acreditativa.
- e. En todo momento cumplirá las normas y órdenes dictadas.
- f. Todo el personal de la obra, del cual es el responsable, conocerá sus obligaciones acerca de la manipulación de los residuos de obra.
- g. Es necesario disponer de un directorio de compradores/vendedores potenciales de materiales usados o reciclados cercanos a la ubicación de la obra.
- h. Las iniciativas para reducir, reutilizar y reciclar los residuos en la obra han de ser coordinadas debidamente.
- i. Animar al personal de la obra a proponer ideas sobre cómo reducir, reutilizar y reciclar residuos.
- j. Facilitar la difusión, entre todo el personal de la obra, de las iniciativas e ideas que surgen en la propia obra para la mejor gestión de los residuos.
- k. Informar a los técnicos redactores del proyecto acerca de las posibilidades de aplicación de los residuos en la propia obra o en otra.
- l. Debe seguirse un control administrativo de la información sobre el tratamiento de los residuos en la obra, y para ello se deben conservar los registros de los movimientos de los residuos dentro y fuera de ella.
- m. Los contenedores deben estar etiquetados correctamente, de forma que los trabajadores obra conozcan dónde deben depositar los residuos.
- n. Siempre que sea posible, intentar reutilizar y reciclar los residuos de la propia obra antes de optar por usar materiales procedentes de otros solares.

El personal de la obra es responsable de cumplir correctamente todas aquellas órdenes y normas que el responsable de la gestión de los residuos disponga. Pero, además, se puede servir de su experiencia práctica en la aplicación de esas prescripciones para mejorarlas o proponer otras nuevas. Para el personal de obra, los cuales están bajo la responsabilidad del Contratista y consecuentemente del Poseedor de los Residuos, estarán obligados a:

- o. Etiquetar de forma conveniente cada uno de los contenedores que se van a usar en función de las características de los residuos que se depositarán.
- p. Las etiquetas deben informar sobre qué materiales pueden, o no, almacenarse en cada recipiente. La información debe ser clara y comprensible.
- q. Las etiquetas deben ser de gran formato y resistentes al agua.
- r. Utilizar siempre el contenedor apropiado para cada residuo. Las etiquetas se colocan para facilitar la correcta separación de estos.
- s. Separar los residuos a medida que son generados para que no se mezclen con otros y resulten contaminados.
- t. No colocar residuos apilados y mal protegidos alrededor de la obra ya que, si se tropieza con ellos o quedan extendidos sin control, pueden ser causa de accidentes.
- u. Nunca sobrecargar los contenedores destinados al transporte. Son más difíciles de maniobrar y transportar, y dan lugar a que caigan residuos, que no acostumbran a ser recogidos del suelo.
- v. Los contenedores deben salir de la obra perfectamente cubiertos. No se debe permitir que la abandonen sin estarlo porque pueden originar accidentes durante el transporte.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

- w. Para una gestión más eficiente, se deben proponer ideas referidas a cómo reducir, reutilizar o reciclar los residuos producidos en la obra.
- x. Las buenas ideas deben comunicarse a los gestores de los residuos de la obra para que las apliquen y las compartan con el resto del personal.

7.3.- Con carácter General

Prescripciones que se deben incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto, en relación con el almacenamiento, manejo y, en su caso, otras operaciones de gestión de los residuos de construcción y demolición en obra.

Gestión de residuos de construcción

Gestión de residuos según RD 105/2008, realizándose su identificación con arreglo a la Lista Europea de Residuos publicada por Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero o sus modificaciones posteriores. La segregación, tratamiento y gestión de residuos se realizará mediante el tratamiento correspondiente por parte de empresas homologadas mediante contenedores o sacos industriales que cumplirán las especificaciones pertinentes a la normativa Europea y Estatal.

Certificación de los medios empleados

Es obligación del contratista proporcionar a la Dirección Facultativa de la obra y a la Propiedad de los certificados de los contenedores empleados, así como de los puntos de vertido final, ambos emitidos por entidades autorizadas y homologadas por la Conselleria de Medio Ambiente.

Limpieza de las obras

Es obligación del Contratista mantener limpias las obras y sus alrededores tanto de escombros como de materiales sobrantes, retirar las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como ejecutar todos los trabajos y adoptar las medidas que sean apropiadas para que la obra presente buen aspecto.

7.4.- Con carácter Particular

Prescripciones para incluir en el pliego de prescripciones técnicas del proyecto (se marcan aquellas que se apliquen a la obra)

	Para los derribos: se realizarán actuaciones previas tales como apeos, apuntalamientos, estructuras auxiliares...para las partes o elementos peligroso, referidos tanto a la propia obra como a los edificios colindantes Como norma general, se procurará actuar retirando los elementos contaminados y/o peligrosos tan pronto como sea posible, así como los elementos a conservar o valiosos (cerámicos, mármoles...) Seguidamente se actuará desmontando aquellas partes accesibles de las instalaciones, carpinterías y demás elementos que lo permitan.
	El depósito temporal de los escombros se realizará bien en sacos industriales iguales o inferiores a 1m ³ , contadores metálicos específicos con la ubicación y condicionado que establezcan las ordenanzas municipales. Dicho depósito en acopios también deberá estar en lugares debidamente señalizados y segregados del resto de residuos.
	El depósito temporal para RCDs valorizables (maderas, plásticos, metales, chatarra...) que se realice en contenedores o acopios, se deberá señalar y segregar del resto de residuos de un modo adecuado.
x	Los contenedores deberán estar pintados en colores que destaquen su visibilidad, especialmente durante la noche, y contar con una banda de material reflectante de al menos 15cm a lo largo de toso su perímetro.
x	En los mismos deberá figurar la siguiente información: Razón social, CIF, teléfono del titular del contenedor / envase y el número de inscripción en el registro de transportistas de residuos, creado en el art. 43 de la Ley 5/2003 de 20 de marzo de Residuos de la CAM.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

	Esta información también deberá quedar reflejada en los sacos industriales y otros medios de contención y almacenaje de residuos.
x	El responsable de la obra a la que presta servicio el contenedor adoptará las medidas necesarias para evitar el depósito de residuos ajenos a la misma. Los contenedores permanecerán cerrados, o cubiertos al menos, fuera del horario de trabajo, para evitar el depósito de residuos ajenos a la obra a la que prestan servicio.
x	En el equipo de obra deberán establecerse los medios humanos, técnicos y procedimientos para la separación de cada tipo de RCD.
	Se atenderán los criterios municipales establecidos (ordenanzas, condiciones de licencia de obras...), especialmente si obligan a la separación en origen de determinadas materias objeto de reciclaje o deposición. En este último caso se deberá asegurar por parte del contratista realizar una evaluación económica de las condiciones en las que es viable esta operación, tanto por las posibilidades reales de ejecutarla como por disponer de plantas de reciclaje o gestores de RCDs adecuados. La Dirección de Obra será la responsable de tomar la última decisión y de su justificación ante las autoridades locales o autonómicas pertinentes.
	Se deberá asegurar en la contratación de la gestión de los RCDs que el destino final (planta de reciclaje, vertedero, cantera, incineradora...) son centros con la autorización autonómica de la Consejería de Medio Ambiente, así mismo se deberá contratar sólo transportistas o gestores autorizados por dicha Consejería e inscritos en el registro pertinente Se llevará a cabo un control documental en el que quedarán reflejados los avales de retirada y entrega final de cada transporte de residuos.
x	La gestión tanto documental como operativa de los residuos peligrosos que se hallen en una obra de derribo o de nueva planta se regirán conforme a la legislación nacional y autonómica vigente y a los requisitos de las ordenanzas municipales Asimismo, los residuos de carácter urbano generados en las obras (restos de comidas, envases...) serán gestionados acorde con los preceptos marcados por la legislación y autoridad municipal correspondiente.
	Para el caso de los residuos con amianto se seguirán los pasos marcados por la Orden MAM/304/2002 de 8 de febrero por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos para poder considerarlos como peligroso o no peligrosos. En cualquier caso, siempre se cumplirán los preceptos dictados por el RD 108/1991 de 1 de febrero sobre la prevención y reducción de la contaminación del medio ambiente producida por el amianto, así como la legislación laboral al respecto.
	Los restos de lavado de canaletas / cubas de hormigón serán tratadas como escombros
x	Se evitará en todo momento la contaminación con productos tóxicos o peligrosos de los plásticos y restos de madera para su adecuada segregación, así como la contaminación de los acopios o contenedores de escombros con componentes peligrosos
	Las tierras superficiales que pueden tener un uso posterior para jardinería o recuperación de los suelos degradados serán retirada y almacenada durante el menor tiempo posible en camellones de altura no superior a 2 metros. Se evitará la humedad excesiva, la manipulación y la contaminación con otros materiales.
	Otros (indicar)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

8.- Valoración del coste previsto para la correcta gestión de RCDS

A continuación, se desglosa el capítulo presupuestario correspondiente a la gestión de los residuos de la obra, repartido en función del volumen de cada material.

ESTIMACIÓN DEL COSTE DE TRATAMIENTOS DE LOS RCDs				
Tipología RCDs	Estimación (m3)	Precio gestión en planta / Vertedero / Cantera / Gestor (€/m3)	Importe (€)	% del presupuesto de Obra
Gestión de residuos metales, restos de cables, residuos municipales, vidrio y separación de residuos en obra.				
Almacenamiento y gestión de residuos metálicos, vidrio, y mezcla de residuos urbanos, por gestor final autorizado por la comunidad valenciana para su recuperación, reutilización o reciclado. Incluyendo contenedor de almacén y transporte, así como separación manual de residuos en obra por fracciones (vidrio, plástico, cartón, etc). Según la orden MAM 304/2002 por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos.	1	150.00	150.00	0.60%
				0.60%

RESTO DE COSTES DE GESTIÓN		
1.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel I y II	0.00 €	0.00 %
2.- % Presupuesto hasta cubrir RCD Nivel III	150.00 €	0.60 %
3.- % Presupuesto de la obra por costes de gestión, alquileres, etc ...	300.00 €	1.20 %

Los gastos derivados de la gestión de residuos se consideran repercutidos en los distintos precios de las unidades de presupuestos.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 8. ANALISIS Y REFERENCIA

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- Análisis de alternativas

1.1.- Módulos fotovoltaicos

Para la elección del módulo fotovoltaico se han considerado diversas características, tales como la potencia nominal, el voltaje, la intensidad, las dimensiones y el precio.

Todas estas características son vitales para el correcto funcionamiento de la instalación, así como para amortizar los gastos en la menos cantidad de tiempo posible.

Con lo anteriormente mencionado la módulo fotovoltaico empleado ha sido el modelo LONGI LR5-72HBD 550M, el cual se muestra en la figura 27.

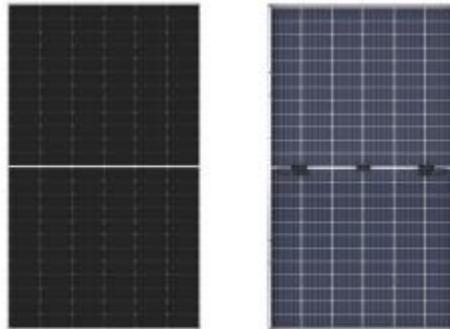


Figura 27. Módulo fotovoltaico LONGI LR5-72HBD 550M (autosolar.es)

El cual nos aporta un alto nivel potencia nominal, reduciendo así el número de placas a emplear para obtener la potencia deseada por la empresa, del mismo modo tiene una garantía de 12 años en lo que respecta a los materiales y procesamiento, así como también nos garantiza un bajo nivel de pérdidas potencia durante los primeros 30 años de funcionamiento. El precio de estas es de 180,4 € por módulo.

Sin embargo, entre las alternativas que podríamos haber empleado tenemos el modelo "TENSITE EM550-PH", que podemos observar en las figuras 28 y 29.

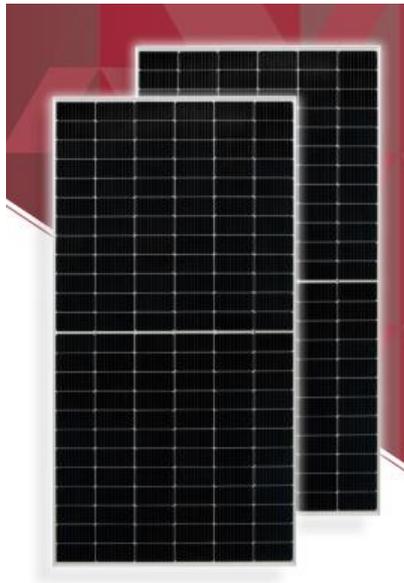
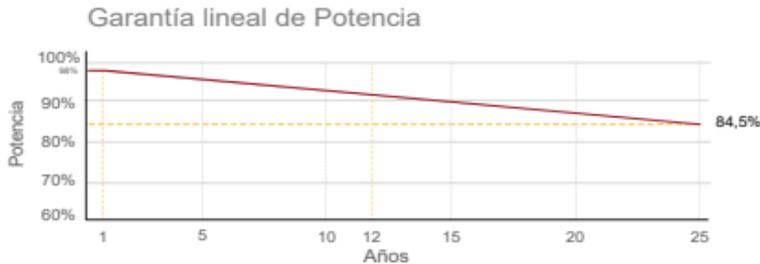


Figura 28. Módulo fotovoltaico TENSITE EM550-PH (autosolar.es)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

GARANTÍA



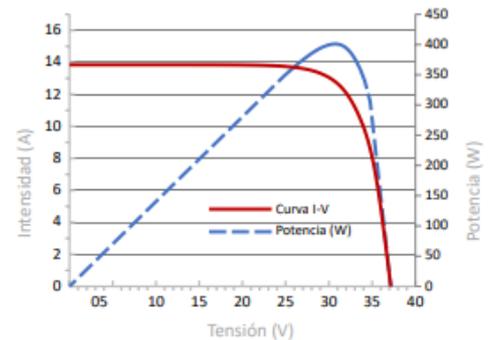
- +** Tolerancia positiva de vatios
- 12** Años de garantía del producto
- 25** Años de garantía de potencia lineal

Datos Eléctricos STC EM550-PH

Tipo de módulo	550M Half cell Mono PERC
Máxima potencia (Wp)	550 Wp
Corriente de potencia máxima (I _{mp})	13,12 A
Voltaje de potencia máxima (V _{mp})	41,95 V
Corriente de cortocircuito (I _{sc})	13,98 A
Voltaje de circuito abierto (V _{oc})	48,80 V
Eficiencia del módulo	21%
Fusible de serie máxima	25 A
Número de Diodos	3
Tolerancia positiva de potencia	0+3%
Condiciones de prueba estándar	1.000 W/m ² , 25 °C, AM 1.5
Voltaje máximo del sistema DC	1.500 V
Coefficiente de temperatura I _{sc}	0,048% / °C
Coefficiente de temperatura V _{oc}	-0,270% / °C
Coefficiente de temperatura P _{mp}	-0,350% / °C
Rango temperatura funcionamiento	-40°C / +85°C
Temperatura operación célula (TONC)	45°C ±2
Capacidad carga frontal del módulo	5.400 Pa IEC61215 (nieve)
Capacidad carga trasera del módulo	2.400 Pa IEC61215 (viento)

*Condiciones Estandar de Medida STC: Irradiación 1.000 W/m², espectro AM1.5, célula a 25°C.

Curva I-V y Potencia W @ STC



Curvas I-V a 1.000 W/m² y Temperaturas °C

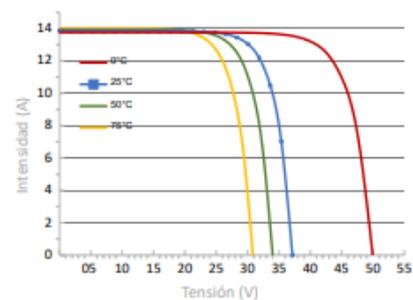


Figura 29. Datos eléctricos modelo TENSITE EM550-PH (ficha técnica)

Cuyas características son muy semejantes al modelo empleado, diferenciándose principalmente por el precio y la garantía. El precio de este modelo es de 120 € por módulo siendo bastante bajo en comparación al anterior, sin embargo, la garantía de rendimiento lineal de potencia se reduce en 5 años comparado con el modelo LONGI, por lo que a la larga resultaría más caro debido a una mayor pérdida de rendimiento al pasar de los años.

Del mismo modo otra modelo que podría emplearse sería el "JASOLAR JAM66S30 500MR", que se muestra en las figuras 30 y 31.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

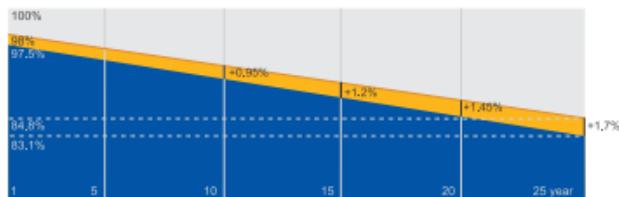


Figura 30. Módulo fotovoltaico JASOLAR JAM66S30 500MR (autosolar.es)

Superior Warranty

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

0.55% Annual Degradation Over 25 years



■ New linear power warranty ■ Standard module linear power warranty

Comprehensive Certificates

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



ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

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

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

Figura 31. Datos eléctricos modelo JASOLAR JAM66S30 500MR (ficha técnica)

Este módulo tiene unas características semejantes al modelo TENSITE, con un precio aún más bajo, llegando a los 112 € por módulo fotovoltaico, sin embargo, presenta el mismo inconveniente en lo que se refiere a la garantía. Por otra parte, sus dimensiones son menores que los anteriores dos casos, por lo que sería más la distribución de placas en el tejado de la

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

instalación, pero al mismo tiempo, como tiene una potencia nominal se necesitará de un mayor número de placas para conseguir la potencia deseada.

1.2.- Inversores:

Para la elección del inversor tendremos en cuenta el rango de tensión de entrada, la máxima tensión y corriente admisibles, la potencia máxima, el precio y la garantía que nos proporciona el fabricante.

De esta forma hemos empleado un inversor modelo "TAB SUN-12K-SG04LP3-EU", el cual se muestra en la figura 32.



Figura 32. Inversor TAB SUN-12K-SG04LP3-EU (autosolar.es)

Para la elección de este inversor tenemos en cuenta que cumpla con los requisitos de la instalación para su correcto funcionamiento, pero en este caso cabe recalcar que el inversor pertenece a la gama de productos de la empresa a la que se le hace la instalación, por lo que podemos contar con un buen nivel de garantía, así como confiar en que no habrá problemas para darle mantenimiento al inversor ni para la detección de posibles errores. El precio por unidad es de 418,07 €.

Sin embargo, otra alternativa que se hubiera empleado sería el modelo "HUAWEI SUN2000-15KTL-M5", el cual se muestra en las figuras 33 y 34.



Figura 33. Inversor HUAWEI SUN2000-15KTL-M5 (autosolar.es)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Technical Specification	SUN2000 -12KTL-M5	SUN2000 -15KTL-M5	SUN2000 -17KTL-M5	SUN2000 -20KTL-M5	SUN2000 -25KTL-M5
Efficiency					
Max. efficiency	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%	98.4%
European weighted efficiency	97.9%	98.0%	98.1%	98.1%	98.2%
Input					
Recommended max. PV power ¹	18,000 Wp	22,500 Wp	25,500 Wp	30,000 Wp	37,500 Wp
Max. input voltage ²	1100 V				
Full-load MPPT voltage range	370V~800V	410V~800V	440V~800V	480V~800V	530~800V
MPPT Operating voltage range ³	200 V ~ 1000 V				
Start-up voltage	200 V				
Rated input voltage	600 V				
Max. input current per MPPT	30 A (two string) / 20 A (single string)				
Max. short-circuit current	40 A				
Number of MPP trackers	2				
Max. number of inputs	4				
Output					
Grid connection	Three phase				
Rated output power	12,000 W	15,000 W	17,000 W	20,000 W	25,000 W
Max. apparent power	13,200 W	16,500 VA	18,700 VA	22,000 VA	27,500 VA
Rated output voltage	220 Vac / 380 Vac, 230 Vac / 400 Vac, 239.6 Vac / 415Vac, 3W + N + PE				
Rated AC grid frequency	50 Hz / 60 Hz				
Max. output current	18.2A/380Vac	25.2A/380Vac	28.6A/380Vac	33.6A/380Vac	42.0A/380Vac
	17.3A/400Vac	23.9A/400Vac	27.1A/400Vac	31.9A/400Vac	39.9A/400Vac
	16.7A/415Vac	23.1A/415Vac	26.1A/415Vac	30.8A/415Vac	38.5A/415Vac
Adjustable power factor	0.8 leading ... 0.8 lagging				
Max. total harmonic distortion	≤ 3 %				

Figura 34. Datos eléctricos HUAWEI SUN2000-15KTL-M5 (ficha técnica)

Este modelo puede funcionar sin problemas en la distribución estudiada en el proyecto, pertenece a una marca muy reconocida, y nos garantiza una eficiencia máxima del 98,4%; así como una refrigeración por aire inteligente, tecnología de seguimiento máximo de punto de potencia (MPPT), gran gama de protecciones y una comunicación RS485 para poder intercambiar datos con el medidor de potencia. Pero todos estos beneficios tienen una gran repercusión en el precio, siendo el precio por unidad de 2716,85 €.

Si queremos reducir el precio y mantener en la medida de lo posible la calidad tenemos el modelo "GROWATT MOD 11KTL3-X", el cual se muestra en las figuras 35 y 36.



Figura 35. Inversor MOD 11KTL3-X (autosolar.es)

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

Datasheet	MOD 10KTL3-X	MOD 11KTL3-X	MOD 12KTL3-X	MOD 13KTL3-X	MOD 15KTL3-X
Input data (DC)					
Max. recommended PV power (for module STC)	15000W	16500W	18000W	19500W	22500W
Max. DC voltage			1100V		
Start voltage			160V		
Nominal voltage			580V		
MPPT voltage range			140V-1000V		
No. of MPP trackers			2		
No. of PV strings per MPP tracker	1	1	1/2	1/2	1/2
Max. input current per MPP tracker	13A	13A	13/26A	13/26A	13/26A
Max. short-circuit current per MPP tracker	16A	16A	16/32A	16/32A	16/32A
Output data (AC)					
AC nominal power	10000W	11000W	12000W	13000W	15000W
Max. AC apparent power	11000VA*	12100VA	13200VA	14300VA	16500VA
Nominal AC voltage (range*)			220V/380V, 230V/400V (340-440V)		
AC grid frequency (range*)			50/60 Hz (45-55Hz/55-65 Hz)		
Max. output current	16.7A	18.3A	20A	21.7A	25A
Adjustable power factor			0.8leading...0.8lagging		
THDi			<3%		
AC grid connection type			3W+N+PE		
Efficiency					
MAX. efficiency			98.6%		
European efficiency	98.1%	98.1%	98.2%	98.2%	98.2%
MPPT efficiency			99.9%		

Figura 36. Datos eléctricos MOD 11KTL3-X (ficha técnica)

Este modelo de inversor cumple con los requerimientos mínimos para funcionar correctamente además cuenta con un alto grado de eficiencia, siendo esta del 98,6%. Sin embargo, el precio por unidad es de 1721,90 €, por lo que incrementaría en el presupuesto igualmente, pero en menor medida.

1.3.- Acumuladores:

Para la elección de la batería tendremos en cuenta factores como son: el amperaje y el voltaje de las baterías, la velocidad de descarga, la vida útil y el precio.

De esta manera, las baterías empleadas en la instalación serán los modelos "TAB CLEVER 2.2 y 6.6", los cuales se componen de "módulos de almacenamiento de energía de iones de litio L5.1", el cual se puede observar en la figura 37.



Figura 37. Módulo L5.1 marca TAB (autosolar.es)

Al igual que en caso de los inversores, estas baterías se eligieron teniendo en cuenta que cumplen con los requisitos de la instalación y al pertenecer a la marca de la empresa titular, podemos confiar que se le aplicará una buena garantía, así como un adecuado mantenimiento.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

El modelo CLEVER 2.2 se compone de 2 módulos L5.1, mientras que el CLEVER 6.6 tiene un total de 6, por lo tanto, en la instalación se emplean un total de 32 módulos L5.1. Dado que como se observa en el presupuesto el gasto en batería asciende a un total de 12026,05 €, podemos concluir que cada módulo lo obtenemos a 375,81 € por unidad.

Si buscáramos otra alternativa para almacenar la misma cantidad de energía, emplearíamos el módulo de litio “HUAWEI LUNA2000 5kWh”, los cuales se pueden observar en las figuras 38 y 39.



Figura 38. Módulo LUNA2000-5-S0 (autosolar.es)

	LUNA2000-5-S0	LUNA2000-10-S0	LUNA2000-15-S0
Technical Specification			
Performance			
Power module	LUNA2000-5KW-C0		
Number of power modules	1		
Battery module	LUNA2000-5-E0		
Battery module energy	5 kWh		
Number of battery Modules	1	2	3
Battery usable energy ¹	5 kWh	10 kWh	15 kWh
Max. output power	2.5 kW	5 kW	5 kW
Peak output power	3.5 kW, 10 s	7 kW, 10 s	7 kW, 10 s
Nominal voltage (single phase system)	360 V		
Operating voltage range (single phase system)	350 – 560 V		
Nominal voltage (three phase system)	600 V		
Operating voltage range (three phase system)	600 – 980 V		
Communication			
Display	SOC status indicator, LED indicator		
Communication	RS485 / CAN (only for parallel operation)		

Figura 39. Datos eléctricos LUNA2000-5-S0 (ficha técnica)

Estas baterías podrían acoplarse a la instalación, pero para tendríamos que emplear el inversor Huawei visto anteriormente puesto que no tiene compatibilidad con otras marcas. Así pues, estos módulos nos ofrecen una garantía de 10 años, una protección IP65, además de la capacidad de expansión de hasta 30 kWh. Tiene reseñas muy positivas, pero tendríamos que emplear 32 módulos de 5kWh o 16 de 10kWh, si queremos almacenar la misma cantidad de energía que en caso de las baterías TAB. Al valer 2507,91 € un módulo de 5kWh, se gastaría un total de 80253,12 €.

Otra posibilidad sería utilizar baterías de litio marca “SolarEdge Eergy Bank 10 kWh”, la cual se muestra en las figuras 40 y 41.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial



Figura 40. Módulo SolarEdge Eergy Bank 10 kWh (autosolar.es)

BAT-10K1P		
SALIDA		
Energía útil (profundidad de descarga 100%)	9700	Wh
Potencia de salida continua	5000	W
Potencia máxima pico de salida en backup (durante 10 segundos)	7500	W
Rendimiento pico de ciclo	>94.5	%
Garantía ⁽¹⁾	10	años
Rango de tensión	350 - 450	Vcc
CARACTERÍSTICAS ADICIONALES		
Inversores compatibles	Inversor monofásico StorEdge con tecnología HD-Wave, inversor monofásico con tecnología HD Wave ⁽²⁾	
Baterías por inversor	Hasta 3 ⁽³⁾	
Comunicación	Inalámbrica*	
CUMPLIMIENTO DE NORMATIVAS		
Certificación	Células	IEC 62619
	Batería	IEC 62619, UN38.3
Emissiones	IEC61000-6-1, IEC61000-6-2, IEC61000-6-3	

Figura 41. Datos eléctricos LUNA2000-5-50 SolarEdge Eergy Bank 10 kWh (ficha técnica)

Esta batería nos ofrece también gran variedad de ventajas, tales como, una de las eficiencias más altas del mercado, superando el 94,5%, sistema de respaldo, comunicación inalámbrica con el inversor, libertad para emplearlo con dispositivos de otras marcas, además de la posibilidad de conectar hasta 3 baterías por inversor.

Sin embargo, uno de estos módulos cuesta un total de 8176,34 €, por lo que en total necesitaríamos 130821,44 € para almacenar la misma cantidad de energía que con la marca TAB.

2.- Conclusiones:

Con todo lo anteriormente visto, el diseño que se presenta en este proyecto debería de tener las garantías necesarias para considerarse funcional a la par que adecuado para la empresa titular. Todo ello anteponiendo principalmente la seguridad de la instalación y evitando posibles riesgos tanto para la edificación como para las personas que trabajan en dicho recinto.

La inversión puede parecer bastante grande, pero conociendo la empresa que solicita la instalación, se puede esperar una correcta amortización (siempre y cuando no tengan cambios drásticos e los próximos años), de igual forma el análisis del presupuesto previamente realizado nos muestra que sigue siendo una instalación con un precio competente en lo que respecta al mercado fotovoltaico, y que existen formas de disminuir el tiempo de amortización en mayor medida en caso de que el cliente lo deseara.

Por otra parte, se han intentado tomar las mejores decisiones dadas las circunstancias del proyecto, lo cual se puede observar tanto en los resultados obtenidos en los programas PV*SOL y K2base, así como el estudio de posibles alternativas.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

También cabe recalcar que este proyecto cumplirá con una función importante para el cliente, dado que le servirá como objeto de estudio. Como se ha mencionado anteriormente TAB SPAIN S.L. es una empresa relacionada con el ámbito fotovoltaico, por lo que tiene personal capacitado para calcular y estudiar la viabilidad del sistema a medida que transcurre el tiempo. Menciono lo anterior porque este proyecto está basado en un caso real que actualmente se debe estar llevando en marcha; de esta manera el titular aporto bastante información que se debía de tener en cuenta y dado a lo que he podido estudiar en este proyecto existe la posibilidad de la instalación expanda produciendo mayores cantidades de energía o se modifique para una mejor explotación.

3.- Bibliografía y referencias:

K2 Base. (2022, abril 20). K2 Systems. <https://k2-systems.com/es/servicios-digitales/k2-base/>

Gmbh, V. E., Valentin, G., & Hrb, B.-C. (s/f). Valentin-software.com. Recuperado el 29 de julio de 2023, de <https://www.valentin-software.com/wp-content/uploads/legacy-downloads/handbuecher/es/manual-pvsol-es.pdf>

JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS) - European Commission. (2016, enero 11). Europa.eu. https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/

Autosolar. (s/f). Autosolar.es. Recuperado el 29 de julio de 2023, de <https://autosolar.es/>

(S/f). Codigotecnico.org. Recuperado el 29 de julio de 2023, de <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf>

Magnus. (2020, enero 22). *LA HISTORIA EN ESPAÑA DEL AUTOCONSUMO CON EXCEDENTES COMPENSADOS.* Magnus Commodities. <https://magnuscmd.com/es/la-historia-en-espana-del-autoconsumo-con-excedentes-compensados/>

Kennedy, R. (2023, marzo 2). *Guía para entender las pérdidas en la producción solar.* pv magazine España. <https://www.pv-magazine.es/2023/03/02/guia-para-entender-las-perdidas-en-la-produccion-solar/>

Estudio DE Cargas sobre cubierta fotovoltaica. (s/f). Docplayer.Es. Recuperado el 29 de julio de 2023, de <https://docplayer.es/3641382-Estudio-de-cargas-sobre-cubierta-fotovoltaica.html>

karlossantiuste [@karlossantiuste]. (2018, septiembre 17). *TECI 2.4. Cargas de viento.* Youtube. <https://www.youtube.com/watch?v=6nXVqok9dT4>

Manuel, J., Sanchez, M., & Grau, S. O. (s/f). *TRABAJO FIN DE GRADO.* Upv.es. Recuperado el 29 de julio de 2023, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/88280/MOMP%C3%93%20-%20DIE%C3%91O%20DE%20UNA%20INSTALACI%C3%93N%20SOLAR%20FOTOVALTAICA%20DE%2075%20kW%20DE%20CONEXI%C3%93N%20A%20RED%20EN%20LA%20CUBIERTA%20DE%20...pdf?sequence=1>

Molto, P., Mascarell, L., & Antonia, M. (s/f). Upv.es; Universitat Politècnica de València. Recuperado el 29 de julio de 2023, de <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/188814/Molto%20-%20Proyecto%20ejecutivo%20de%20una%20instalacion%20solar%20fotovoltaica%20de%20autoconsumo%20con%20vertido%20a%20red....pdf?sequence=2>

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

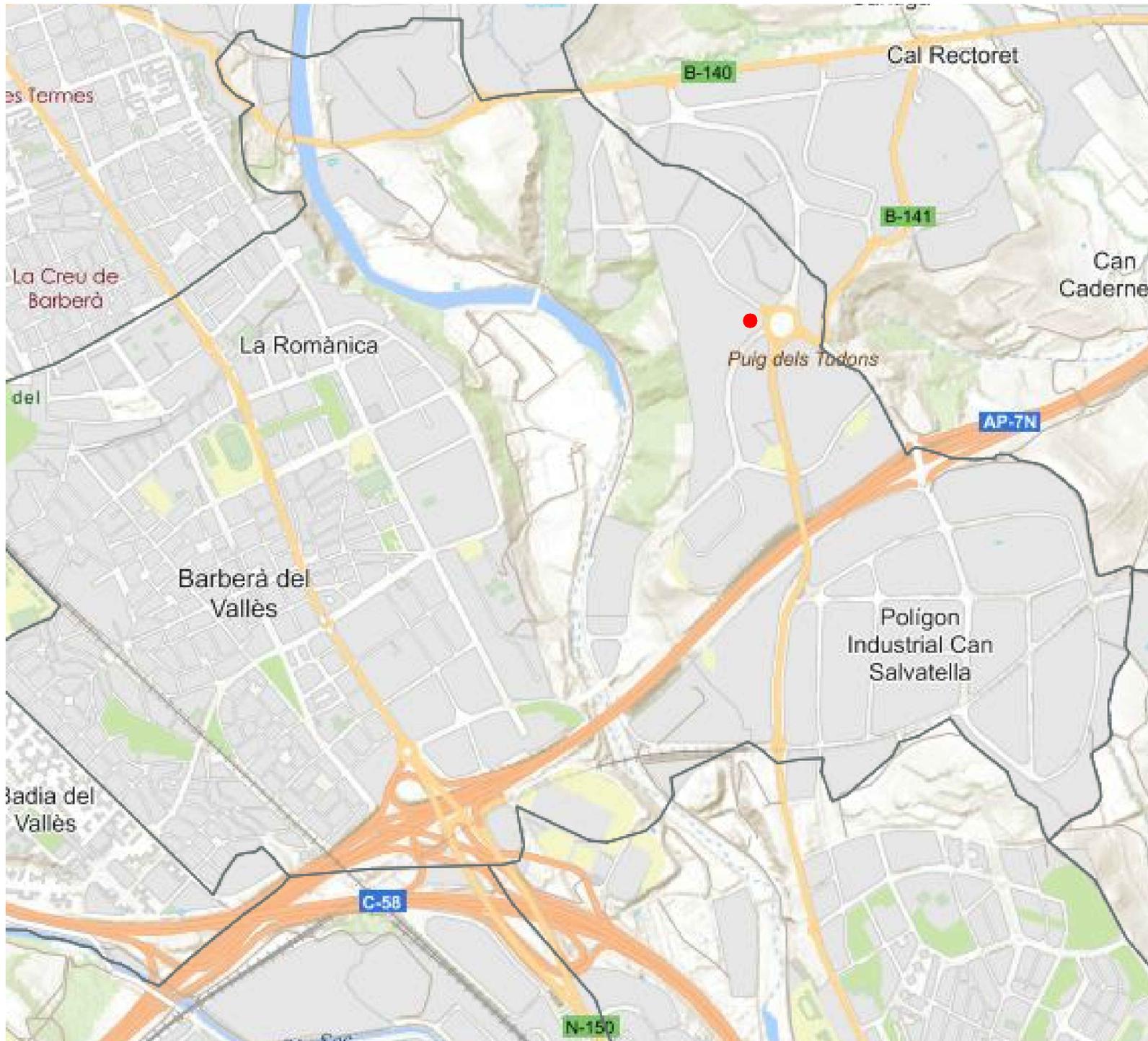
Saiz Jimenez, Juan Ángel, Material educativo aportado en la asignatura de “energías Renovables” durante el periodo 2022-2023. Universidad politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniera del Diseño.

Valencia Salazar, Iván, Material educativo aportado en la asignatura de “Instalaciones Eléctricas de Energías Renovables” durante el periodo 2022-2023. Universidad politécnica de Valencia, Escuela Técnica Superior de Ingeniera del Diseño.

Solfotovoltaica electricidad S.L., Plantillas y Memorias de proyectos finalizados por la empresa. Periodo de prácticas 2023.

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 9. PLANOS



PROYECTO
INSTALACION FV CONECTADA A RED

SITUACION
C/ LLOBATERES, 28
BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)

PROMOTOR
TAB SPAIN SL

ALUMNO
JOSEPH ANDRES G. B.

ETSID
FECHA

ESCALA

NÚMERO

JULIO 2023

1:20.000

1

PLANO
PLANO DE SITUACION



PROYECTO
INSTALACION FV CONECTADA A RED

SITUACION
C/ LLOBATERES, 28
BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)

PROMOTOR
TAB SPAIN SL

ALUMNO
JOSEPH ANDRES G. B.

ETSID
FECHA

JULIO 2023

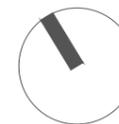
ESCALA

1:5.000

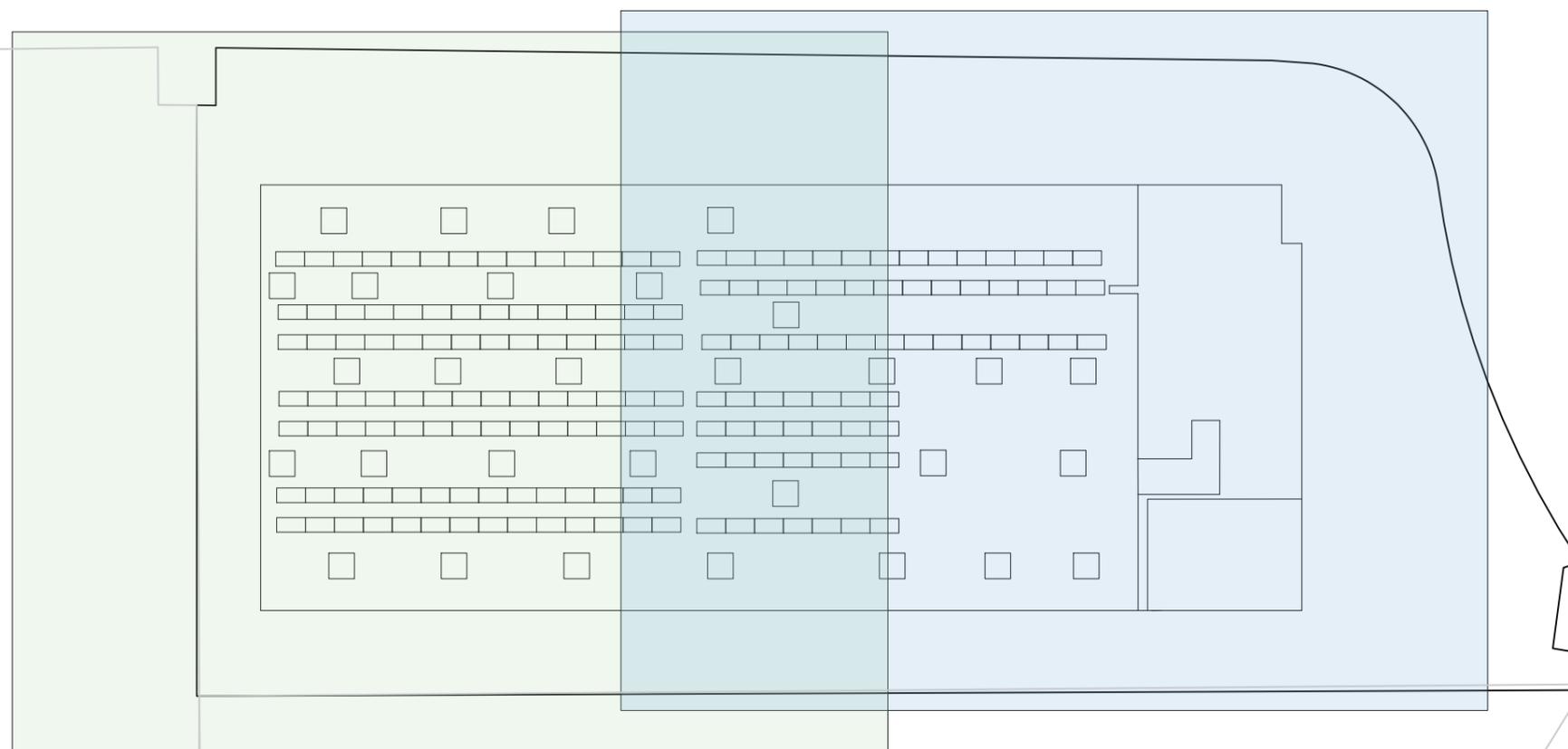
NÚMERO

2

PLANO
PLANO DE EMPLAZAMIENTO



CARRER LLOBATERES, 28
X: 428770; Y: 4597301; H: 30



CUBIERTA - DETALLE 1

CUBIERTA - DETALLE 2

PROYECTO
INSTALACION FV CONECTADA A RED

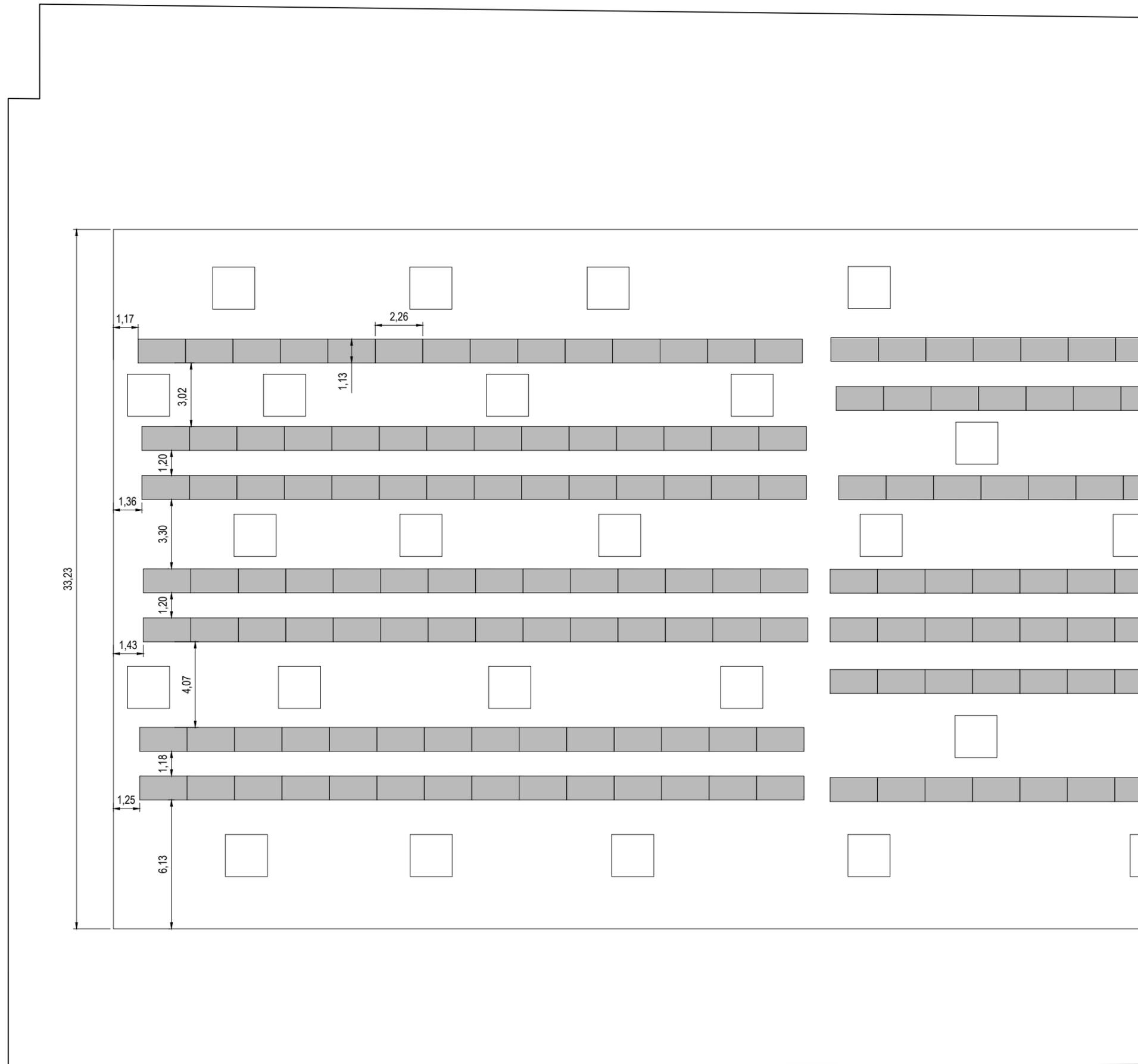
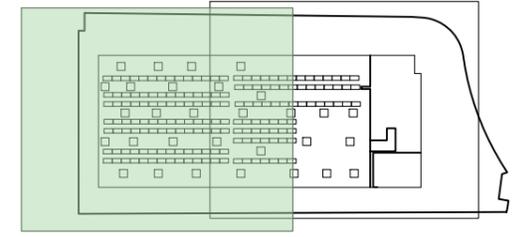
SITUACION
C/ LLOBATERES, 28
BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)

PROMOTOR
TAB SPAIN SL

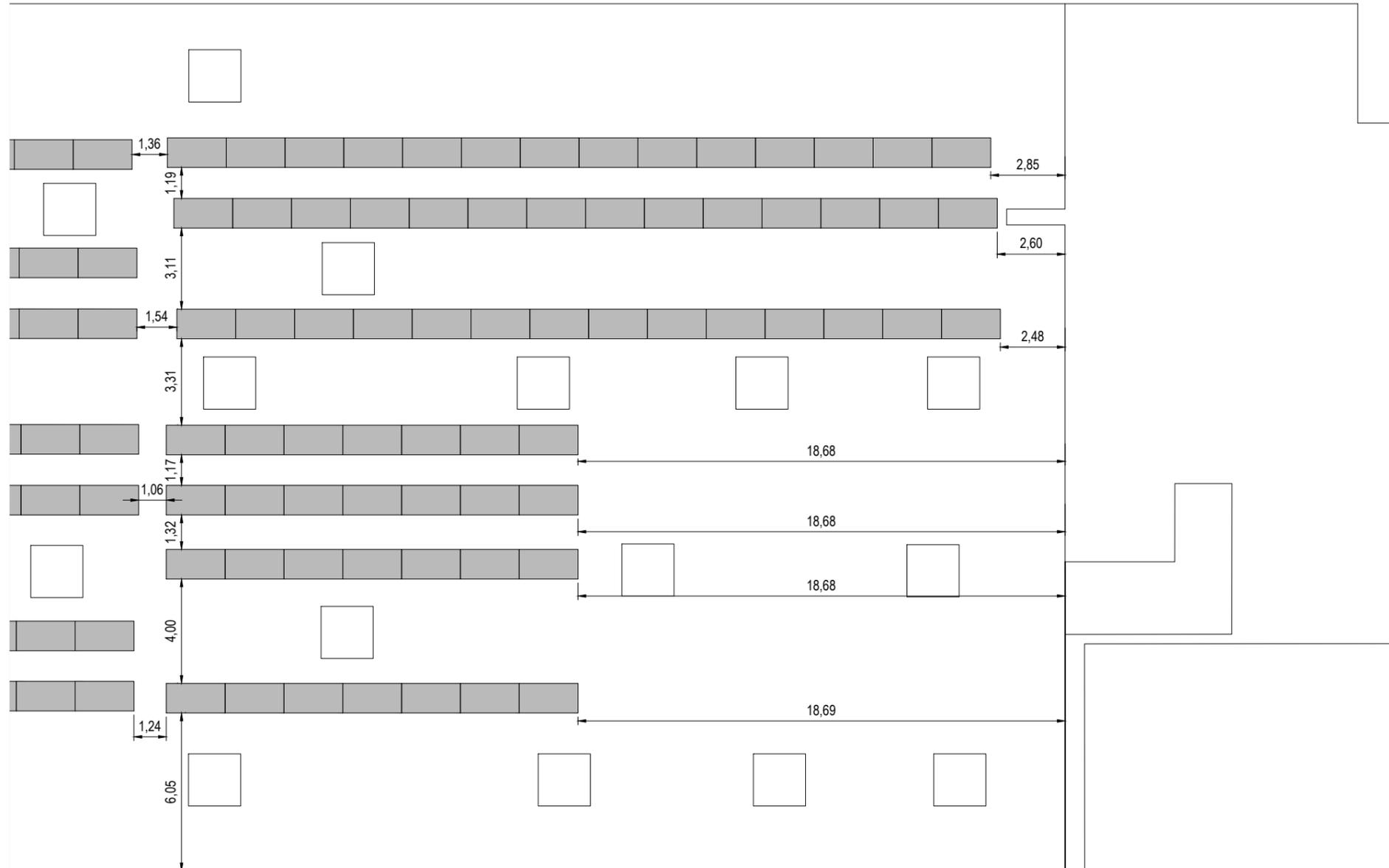
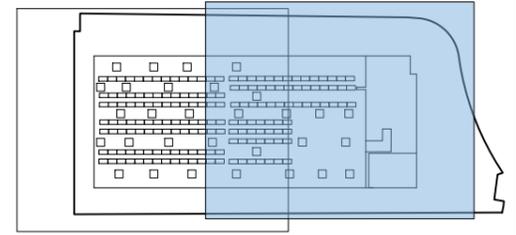
ALUMNO
JOSEPH ANDRES G. B.

ETSID	ESCALA	NÚMERO
FECHA		
JULIO 2023	1:500	3

PLANO
PLANTA



PROYECTO INSTALACION FV CONECTADA A RED		
SITUACION C/ LLOBATERES, 28 BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)		
PROMOTOR TAB SPAIN SL		
ALUMNO JOSEPH ANDRES G. B.		
ETSID FECHA	ESCALA	NÚMERO
JULIO 2023	1:200	4.1
PLANO DETALLE 1. COTAS		



PROYECTO
INSTALACION FV CONECTADA A RED

SITUACION
C/ LLOBATERES, 28
BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)

PROMOTOR
TAB SPAIN SL

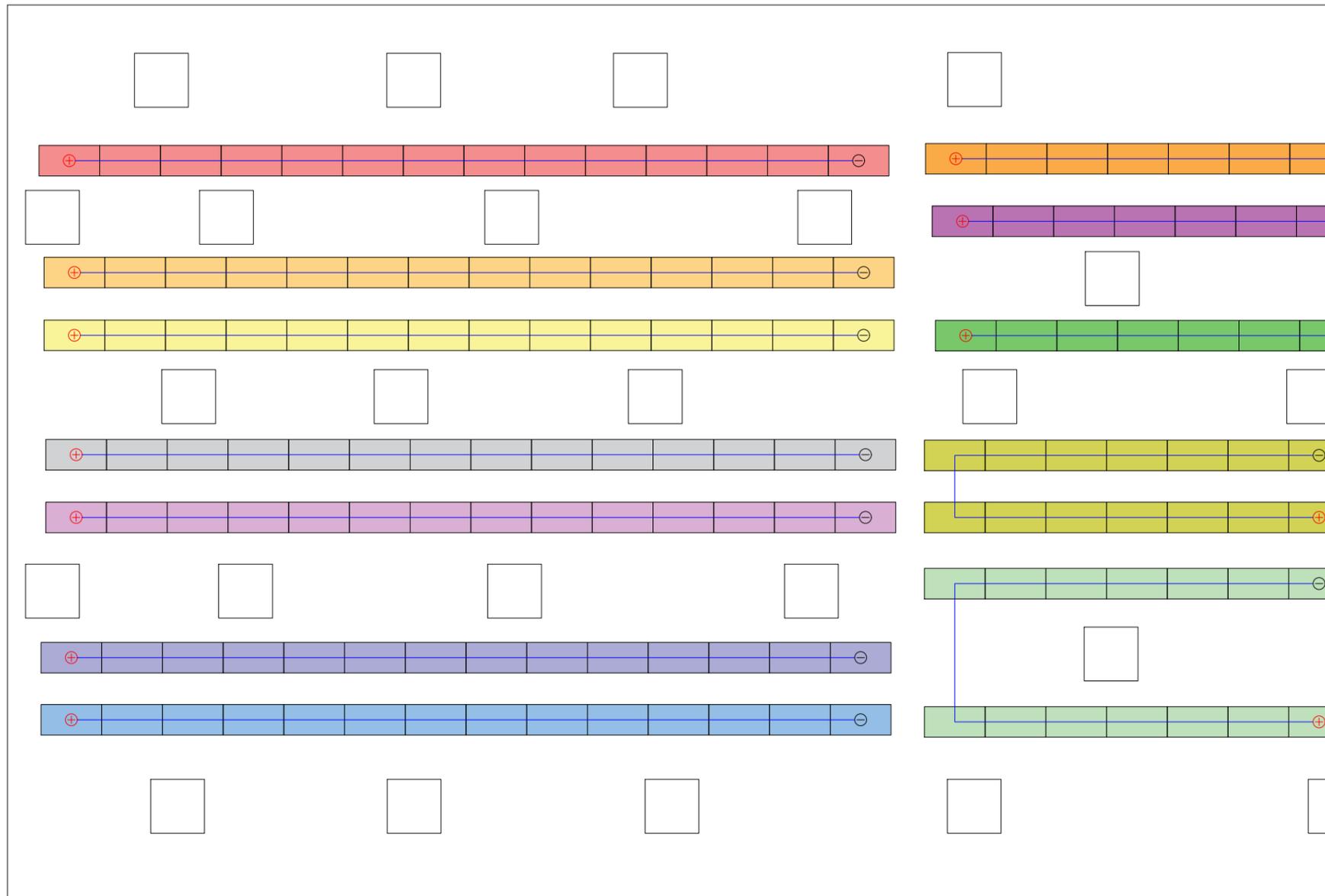
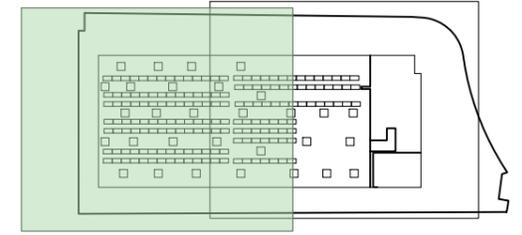
ALUMNO
JOSEPH ANDRES G. B.

ETSID
FECHA
JULIO 2023

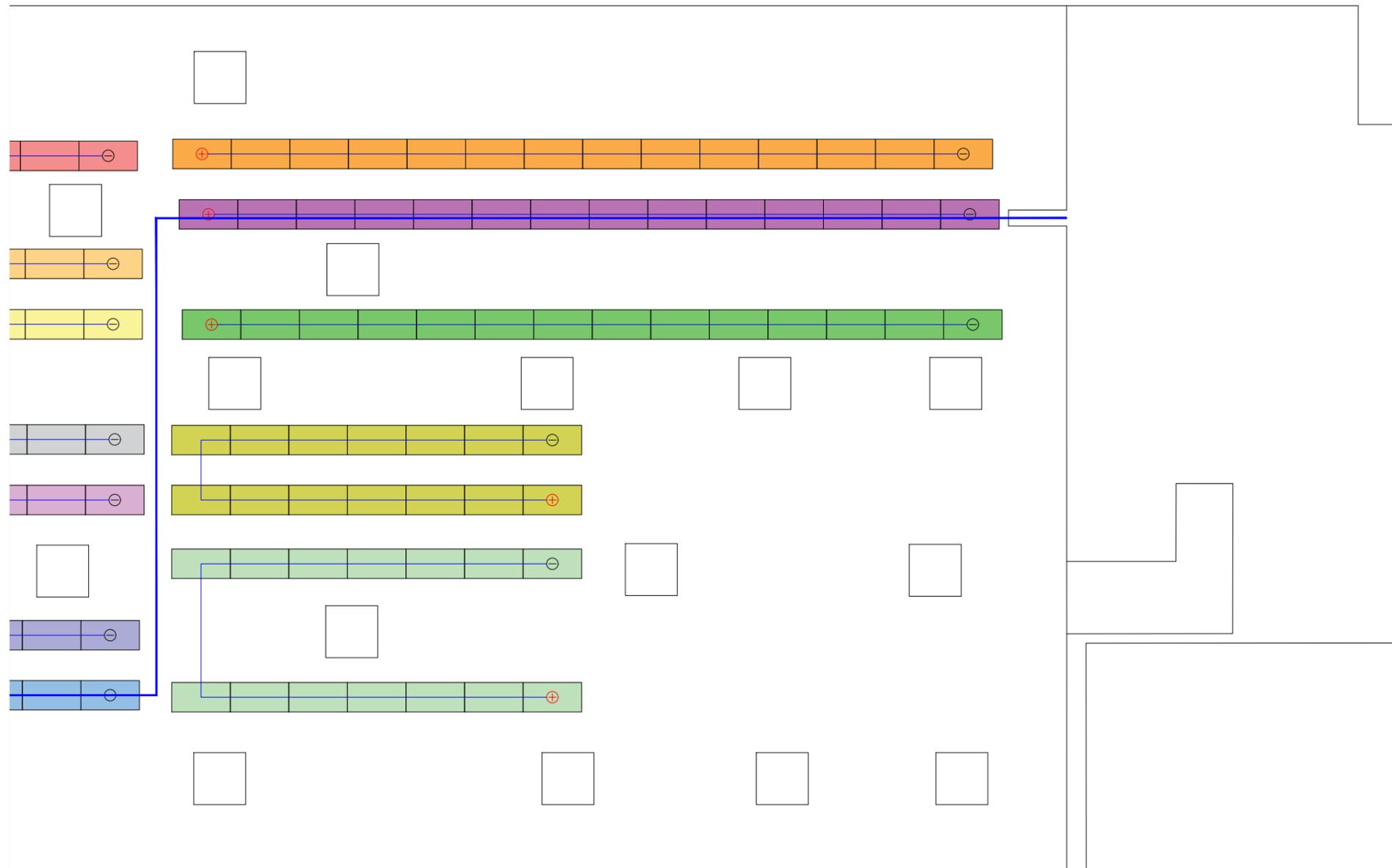
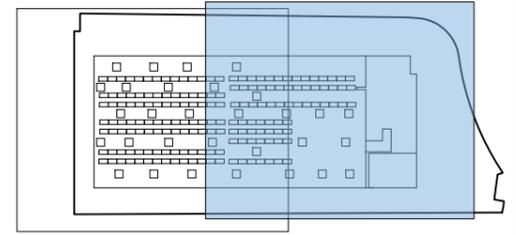
ESCALA
1:200

NÚMERO
4.2

PLANO
DETALLE 2. COTAS



PROYECTO		
INSTALACION FV CONECTADA A RED		
SITUACION		
C/ LLOBATERES, 28 BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)		
PROMOTOR		
TAB SPAIN SL		
ALUMNO		
JOSEPH ANDRES G. B.		
ETSID	ESCALA	NÚMERO
FECHA	1:200	5.1
JULIO 2023		
PLANO		
DETALLE 1. LINEAS		



PROYECTO
INSTALACION FV CONECTADA A RED

SITUACION
C/ LLOBATERES, 28
BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)

PROMOTOR
TAB SPAIN SL

ALUMNO
JOSEPH ANDRES G. B.

ETSID

FECHA

JULIO 2023

ESCALA

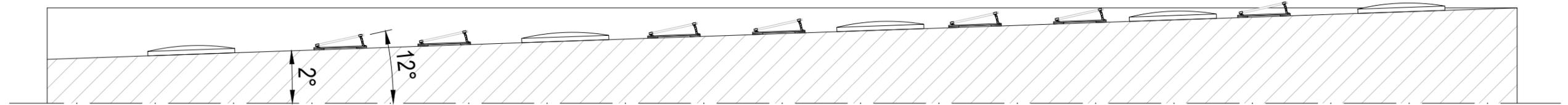
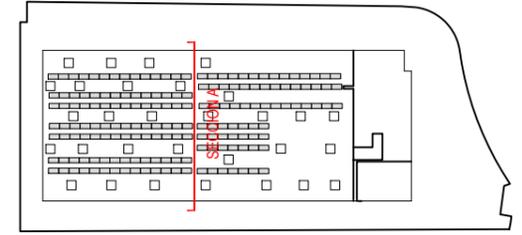
1:200

NÚMERO

5.2

PLANO

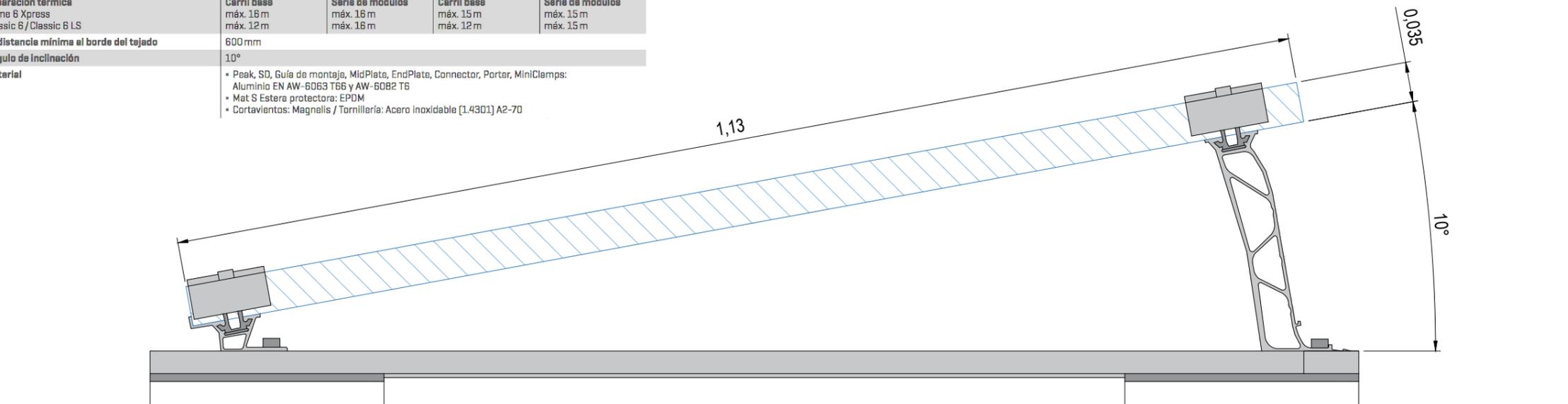
DETALLE 2. LINEAS



ESCALA 1:100

Dados técnicos

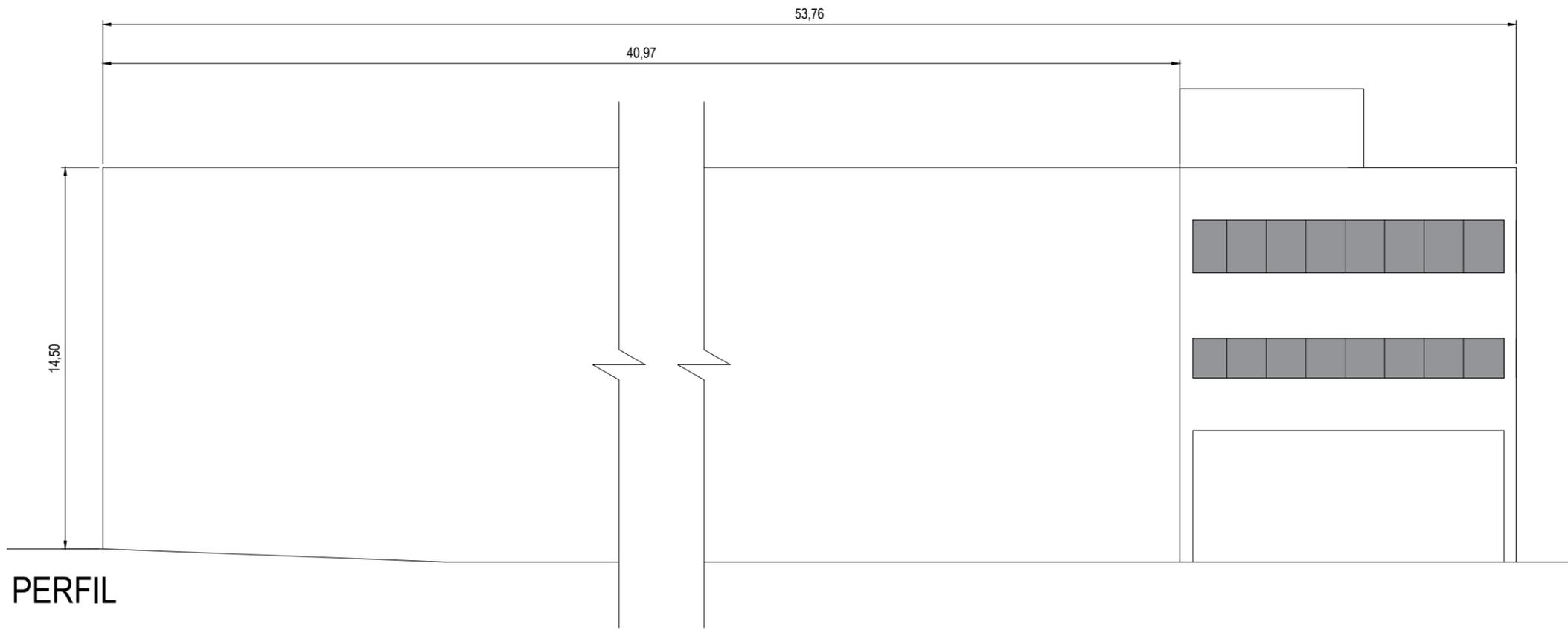
	D-Dome 6	S-Dome 6		
Ámbito de aplicación	Tejados planos < 10° con láminas aislantes o tela asfáltica, sobre hormigón, grava o tejados cultivados			
Tipo de fijación/ancleje al tejado	• Lastrado y sin perforación para tejados de inclinación: ≤ 3° / Con fijación Dome FixPro: > 3°			
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño mínimo del sistema: 2 soportes [4 módulos] • Dimensiones permitidas de módulo (L × An × Al): 1448-2390 × 950-1170 × 30-50 mm • Permitida la fijación en el lado corto del marco del módulo [ver k2-systems.com/es/modulos-autorizados-dome-6] 			
Separación térmica Dome 6 Xpress Classic 6 / Classic 6 LS	Carril base máx. 18 m máx. 12 m	Serie de módulos máx. 16 m máx. 16 m	Carril base máx. 15 m máx. 12 m	Serie de módulos máx. 15 m máx. 15 m
La distancia mínima al borde del tejado	600 mm			
Ángulo de inclinación	10°			
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Peak, SD, Guía de montaje, MidPlate, EndPlate, Connector, Porter, MiniClamps: Aluminio EN AW-6063 T66 y AW-6082 T6 • Mat S Estera protectora: EPDM • Cortavientos: Magnellis / Tornillería: Acero Inoxidable [1.4301] A2-70 			



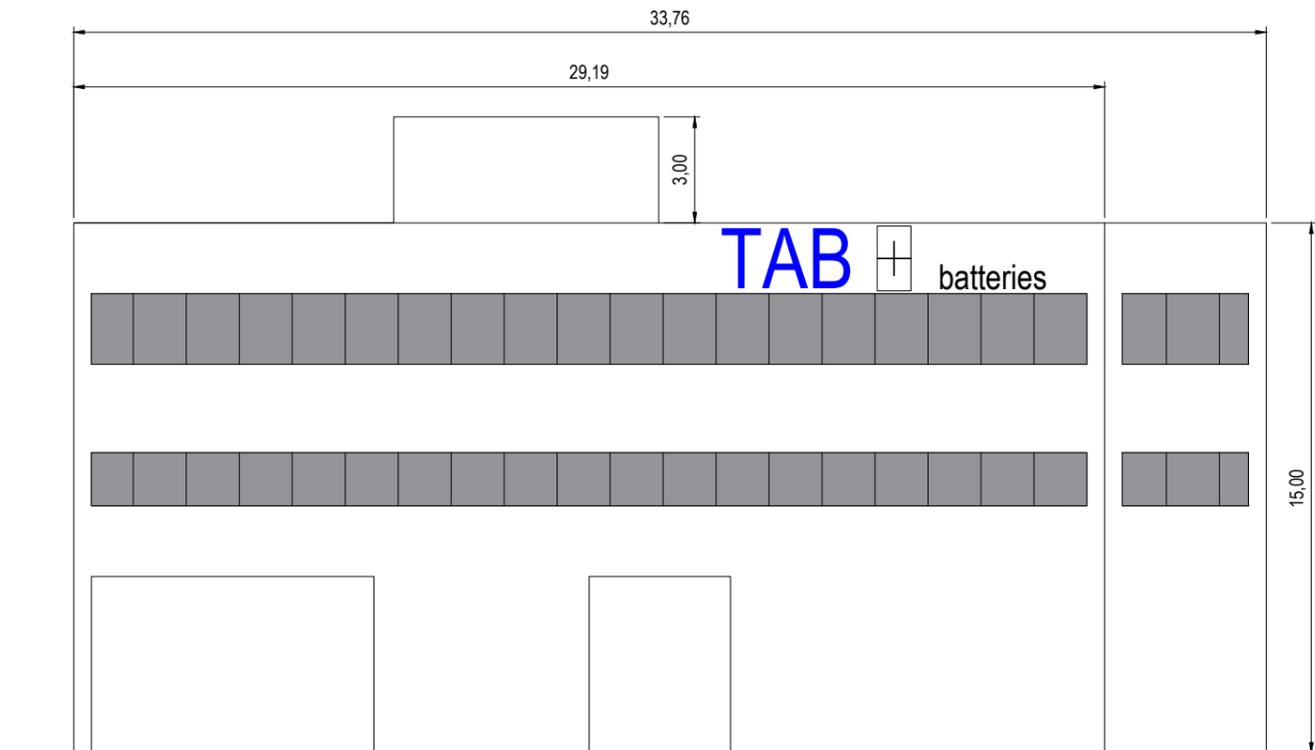
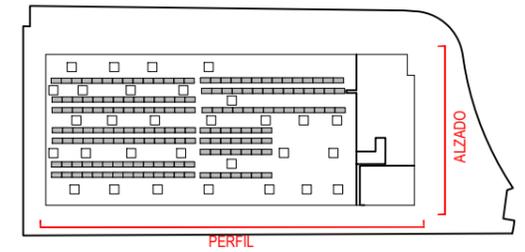
ESTRUCTURA FV K2 S-DOME 6.10

ESCALA 1:20

PROYECTO		
INSTALACION FV CONECTADA A RED		
SITUACION		
C/ LLOBATERES, 28 BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)		
PROMOTOR		
TAB SPAIN SL		
ALUMNO		
JOSEPH ANDRES G. B.		
ETSID	ESCALA	NÚMERO
FECHA	1:20/1:100	6
JULIO 2023		
PLANO		
ESTRUCTURA Y SECCION		

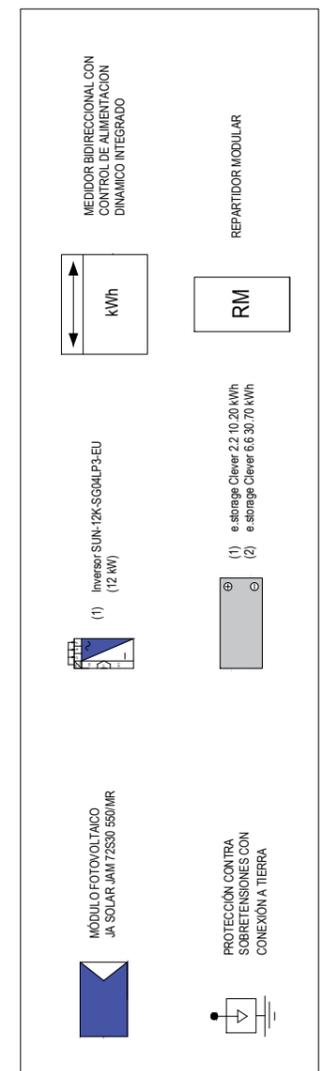
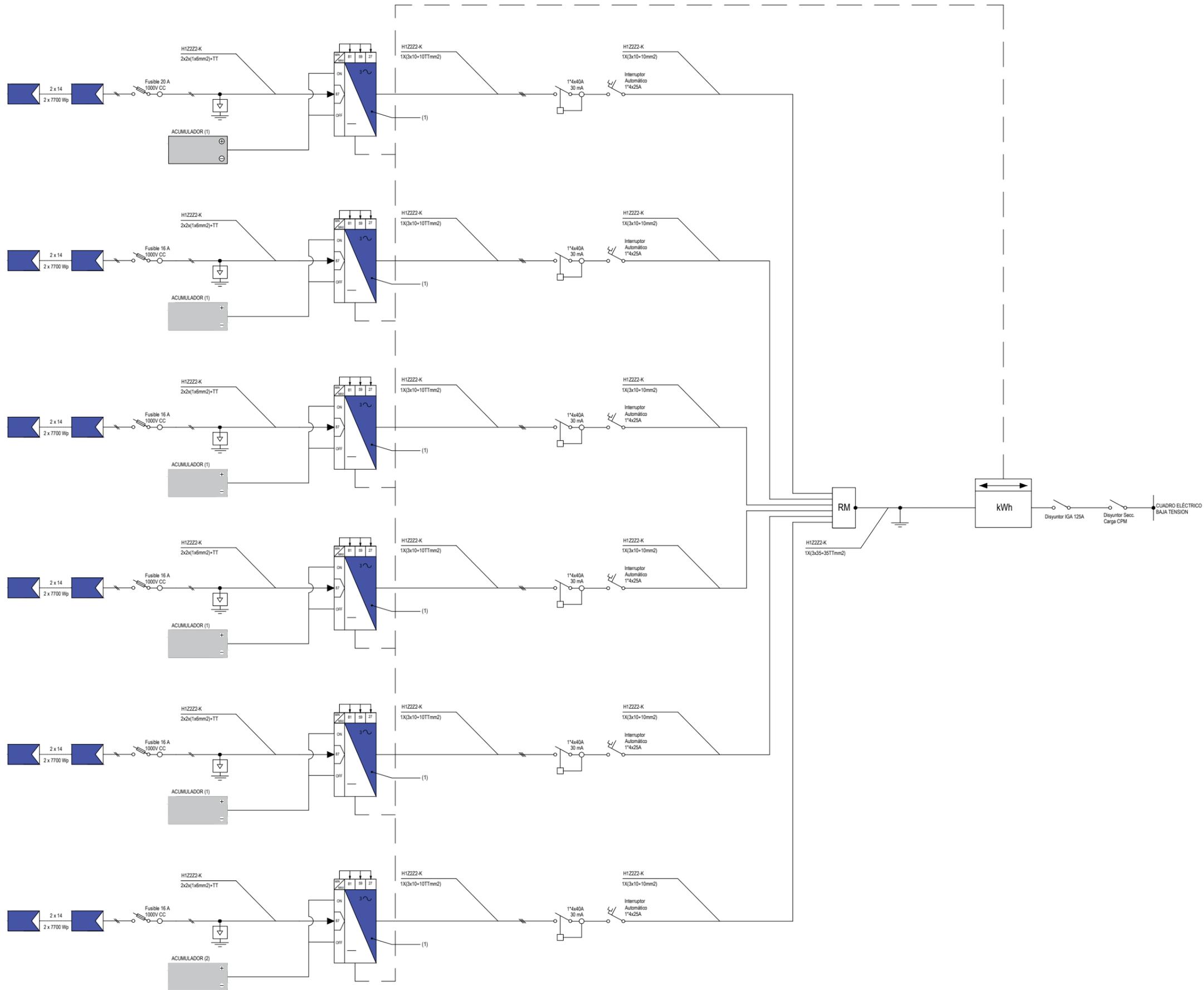


PERFIL



ALZADO

PROYECTO INSTALACION FV CONECTADA A RED		
SITUACION C/ LLOBATERES, 28 BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)		
PROMOTOR TAB SPAIN SL		
ALUMNO JOSEPH ANDRES G. B.		
ETSID FECHA	ESCALA	NÚMERO
JULIO 2023	1:200	7
PLANO ALZADO Y PERFIL		



PROYECTO INSTALACION FV CONECTADA A RED		
SITUACION C/ LLOBATERES, 28 BARBERÀ DEL VALLÈS (BARCELONA)		
PROMOTOR TAB SPAIN SL		
ALUMNO JOSEPH ANDRES G. B.		
ETSID FECHA	ESCALA	NÚMERO
JULIO 2023		8
PLANO ESQUEMA UNIFILAR		

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

DOCUMENTO 10. ANEXOS

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

1.- FICHA TÉCNICA MÓDULO FOTOVOLTAICO

Hi-MO 5

LR5-72HBD 530~550M

- Based on M10-182mm wafer, best choice for ultra-large power plants
- Advanced module technology delivers superior module efficiency
 - M10 Gallium-doped Wafer
 - Smart Soldering
 - 9-busbar Half-cut Cell
- Globally validated bifacial energy yield
- High module quality ensures long-term reliability

12

12-year Warranty for Materials and Processing

30

30-year Warranty for Extra Linear Power Output

Complete System and Product Certifications

IEC 61215, IEC 61730, UL 61730

ISO 9001:2015: ISO Quality Management System

ISO 14001: 2015: ISO Environment Management System

TS62941: Guideline for module design qualification and type approval

ISO 45001: 2018: Occupational Health and Safety

LONGI



21.5%
MAX MODULE
EFFICIENCY

0~3%
POWER
TOLERANCE

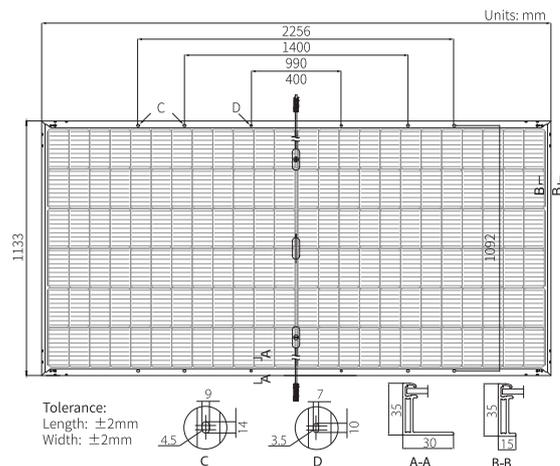
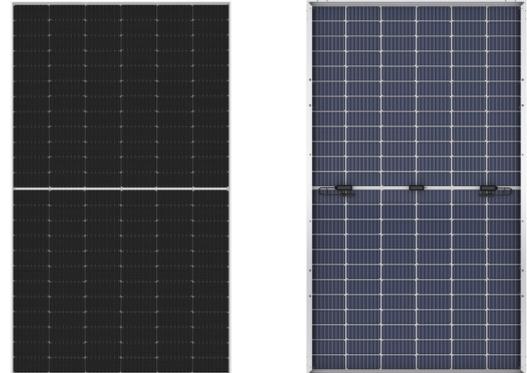
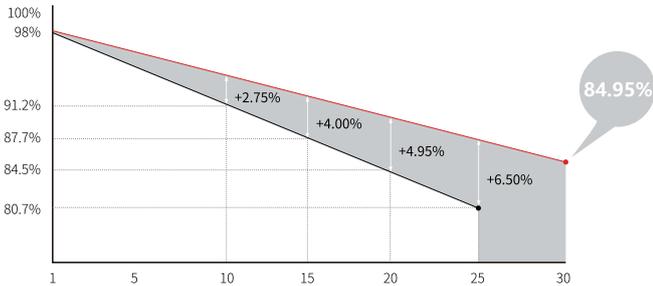
<2%
FIRST YEAR
POWER DEGRADATION

0.45%
YEAR 2-30
POWER DEGRADATION

HALF-CELL
Lower operating temperature

Additional Value

30-Year Power Warranty



Mechanical Parameters

Cell Orientation	144 (6×24)
Junction Box	IP68, three diodes
Output Cable	4mm ² , +400, -200mm/±1400mm length can be customized
Glass	Dual glass, 2.0+2.0mm heat strengthened glass
Frame	Anodized aluminum alloy frame
Weight	32.3kg
Dimension	2256×1133×35mm
Packaging	31pcs per pallet / 155pcs per 20' GP / 620pcs per 40' HC

Electrical Characteristics

STC : AM1.5 1000W/m² 25°C NOCT : AM1.5 800W/m² 20°C 1m/s Test uncertainty for Pmax: ±3%

Module Type	LR5-72HBD-530M		LR5-72HBD-535M		LR5-72HBD-540M		LR5-72HBD-545M		LR5-72HBD-550M	
	STC	NOCT								
Maximum Power (Pmax/W)	530	396.2	535	399.9	540	403.6	545	407.4	550	411.1
Open Circuit Voltage (Voc/V)	49.20	46.26	49.35	46.40	49.50	46.54	49.65	46.68	49.80	46.82
Short Circuit Current (Isc/A)	13.71	11.07	13.78	11.12	13.85	11.17	13.92	11.23	13.99	11.29
Voltage at Maximum Power (Vmp/V)	41.35	38.58	41.50	38.72	41.65	38.86	41.80	39.00	41.95	39.14
Current at Maximum Power (Imp/A)	12.82	10.27	12.90	10.33	12.97	10.39	13.04	10.45	13.12	10.51
Module Efficiency(%)	20.7		20.9		21.1		21.3		21.5	

Operating Parameters

Operational Temperature	-40°C ~ +85°C
Power Output Tolerance	0 ~ 3%
Voc and Isc Tolerance	±3%
Maximum System Voltage	DC1500V (IEC/UL)
Maximum Series Fuse Rating	30A
Nominal Operating Cell Temperature	45±2°C
Protection Class	Class II
Bifaciality	70±5%
Fire Rating	UL type 29 IEC Class C

Mechanical Loading

Front Side Maximum Static Loading	5400Pa
Rear Side Maximum Static Loading	2400Pa
Hailstone Test	25mm Hailstone at the speed of 23m/s

Temperature Ratings (STC)

Temperature Coefficient of Isc	+0.050%/°C
Temperature Coefficient of Voc	-0.265%/°C
Temperature Coefficient of Pmax	-0.340%/°C



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

2.- FICHA TÉCNICA INVERSOR

8. Hoja de datos

Modelo	SUN-5K-SG04LP3-EU	SUN-6K-SG04LP3-EU	SUN-8K-SG04LP3-EU	SUN-10K-SG04LP3-EU	SUN-12K-SG04LP3-EU
Datos de entrada de la batería					
Tipo de Batería	Plomo-ácido o Li-ion				
Rango de voltaje de la batería (V)	40~60				
máx. Corriente de carga (A)	120	150	190	210	240
máx. Corriente de descarga (A)	120	150	190	210	240
Sensor de temperatura externo	Sí				
Curva de carga	3 etapas / equalización				
Estrategia de carga para batería Li-ion	Autoadaptación a BMS				
Datos de entrada de cadena fotovoltaica					
Máx. Potencia de entrada de CC (W)	6500	7800	10400	13000	15600
Tensión nominal de entrada fotovoltaica (V)	550 (160~800)				
Voltaje de arranque (V)	160				
Rango de voltaje MPPT (V)	200-650				
Rango de voltaje de CC a plena carga (V)	350-650				
Corriente de entrada fotovoltaica (A)	13+13			26+13	
Máx. PV ISC (A)	17+17			34+17	
No. de MPPT / Cadenas por MPPT	2/1+1			2/2+1	
Datos de salida de CA					
Salida de CA nominal y potencia de UPS (W)	5000	6000	8000	10000	12000
máx. Potencia de salida de CA (W)	5500	6600	8800	11000	13200
Corriente nominal de salida de CA (A)	7.6	9.1	12.1	15.2	18.2
máx. Corriente CA (A)	11.4	13.6	18.2	22.7	27.3
máx. Paso continuo de CA (A)	45				
Pico de potencia (fuera de la red)	2 tiempos de potencia nominal, 10 S				
Factor de potencia	0.8 adelantado a 0.8 rezagado				
Voltaje y frecuencia de salida	50/60 Hz; L/N/PE 220/380, 230/400Vac				
Tipo de cuadrícula	Tres fases				
Corriente de inyección de CC (mA)	THD<3% (Carga lineal<1.5%)				
Eficiencia					
Máx. Eficiencia	97.60%				
Euro Eficiencia	96.50%				
Eficiencia MPPT	99.90%				
Proteccion					
Integrado	Protección contra rayos de entrada fotovoltaica, protección anti-isla, protección contra polaridad inversa de entrada de cadena fotovoltaica, detección de resistencia de aislamiento, unidad de monitoreo de corriente residual, protección contra sobrecorriente de salida, protección contra cortocircuito de salida, protección contra sobretensiones				
Protección contra sobrevoltaje de salida	DC Tipo II/AC Tipo III				
Certificaciones y Normas					
Regulación de Red	CEI 0-21, VDE-AR-N 4105, NRS 097, IEC 62116, IEC 61727, G99, G98, VDE 0126-1-1, RD 1699, C10-11, EN 50549-1				
Seguridad EMC / Estándar	IEC/EN 61000-6-1/2/3/4, IEC/EN 62109-1, IEC/EN 62109-2				
Información General					
Rango de temperatura de funcionamiento (°C)	-40~60°C, reducción de >45°C				
Enfriamiento	Refrigeración natural				
Ruido (dB)	<45dB				
Comunicación con BMS	RS485; CAN				
Peso (kg)	33.6				
Tamaño (mm)	330 Ancho x 580 Alto x 232 Profundidad				
Grado de protección	IP65				
Estilo de instalación	Montado en la pared				
Garantía	5 Años				



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

3.- FICHA TÉCNICA ACUMULADOR

Lithium Iron Phosphate Battery



TAB e.storage CLEVER

TAB e.storage CLEVER

ESS (Energy Storage System) provides solutions for applications throughout power supply systems including Grid-scale, Residential, Commercial, and UPS (Uninterruptible Power Supply).

Key features

- Without integrated inverter
- Modular Design
- High power to capacity ratio

Applications

Self-consumption:

- Electric bill savings
- Charge during off-peak times
- Discharge during peak times

Backup power supply:

- Discharge during a black out, functioning as backup power

Off grid systems in cooperation with renewables:

- Store solar energy generated from photovoltaic panels for the future use



TAB tovarna akumulatorskih baterij d.d.

Polena 6, SI-2392 Mezica, Slovenia | Tel: +386 2 87 02 300 | Fax: +386 2 87 02 315 | Web: www.tab.si | E-mail: info@tab.si



Basic parameters	CLEVER 2.1	CLEVER 2.2
ID Number	1026507	1026508
Nominal Voltage (V)	51.2	
Nominal Capacity (Wh)	5120	10240
Usable Capacity (Wh)	5000	10000
Dimensions (L*W*H, mm)	530 x 495 x 476	
Weight (kg)	63,5	111
Discharge Voltage (V)	44.8	
Charge Voltage (V)	58.4	
Charge/Discharge Current (A)	75 (recommended)	
	100 (max)	
	140 (peak at 15s)	
Communication Port	CAN, RS485	
Working Temperature (°C)	0~45 (-20~45 discharge only)	
Shelf Temperature (°C)	-20~45 1 month (-20~35 6 months)	
Humidity (%)	5~95 (non condensing)	
Altitude (m)	<3000	
Design Life	10+ Years, @25°C	
Cycle Life	>6000 @25°C 0.5C	
Certificates	CE/IEC62619/IEC63056/UN38.3	



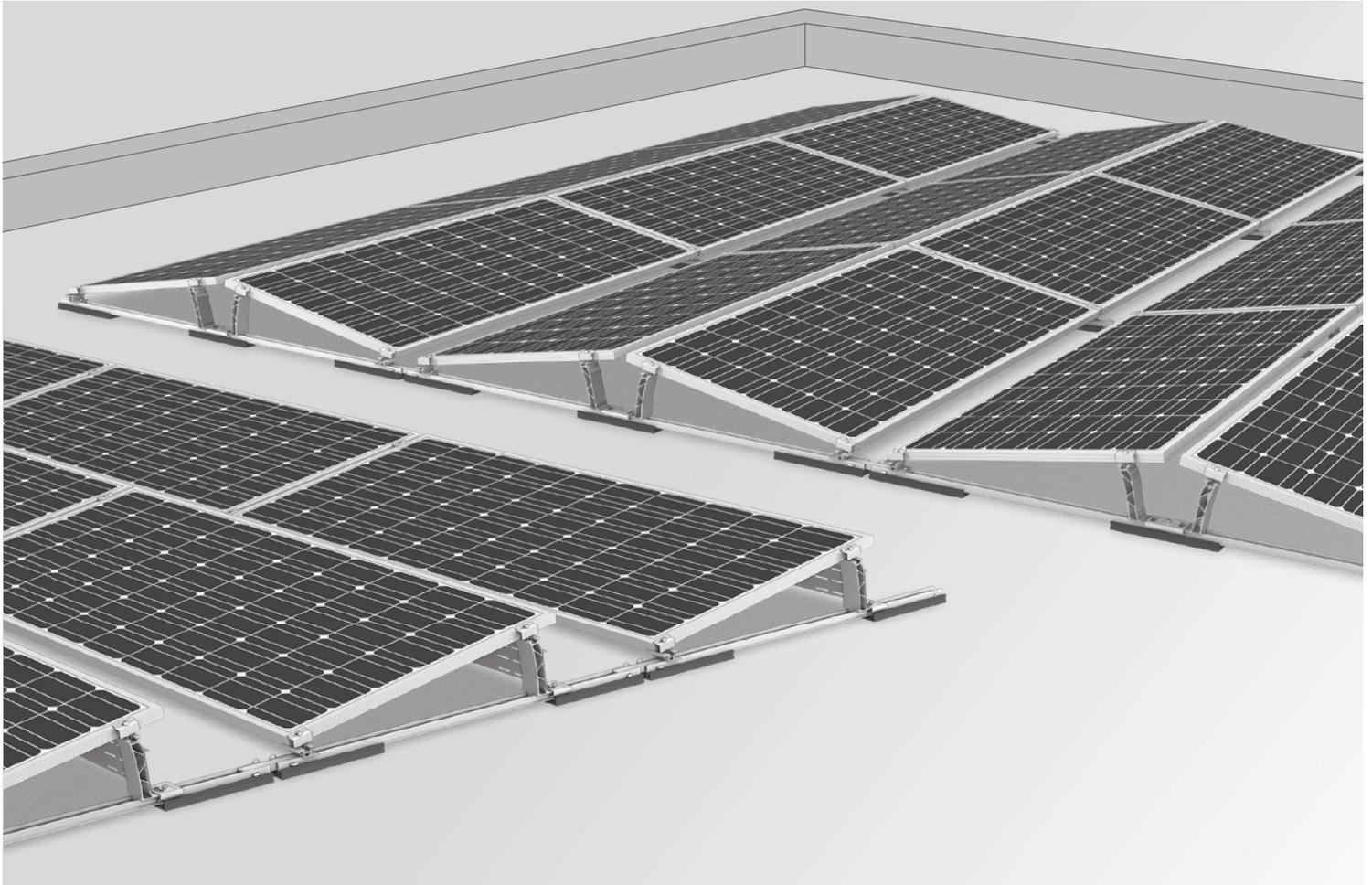
Basic parameters	CLEVER 6.4	CLEVER 6.5	CLEVER 6.6
ID Number	1026512	1026513	1026514
Nominal Voltage (V)	51.2		
Nominal Capacity (Wh)	20480	25600	30720
Usable Capacity (Wh)	20000	25000	30000
Dimensions (L*W*H, mm)	530 x 495 x 1341		
Weight (kg)	224,6	272,1	319,6
Discharge Voltage (V)	44.8		
Charge Voltage (V)	58.4		
Charge/Discharge Current (A)	300 (recommended)	375 (recommended)	450 (recommended)
	400 (max)	500 (max)	600 (max)
	560 (peak at 15s)	700 (peak at 15s)	840 (peak at 15s)
Communication Port	CAN, RS485		
Working Temperature (°C)	0~45 (-20~45 discharge only)		
Shelf Temperature (°C)	-20~45 1 month (-20~35 6 months)		
Humidity (%)	5~95 (non condensing)		
Altitude (m)	<3000		
Design Life	10+ Years, @25°C		
Cycle Life	>6000 @25°C 0.5C		
Certificates	CE/IEC62619/IEC63056/UN38.3		

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

4.- FICHA TÉCNICA ESTRUCTURA MÓDULOS



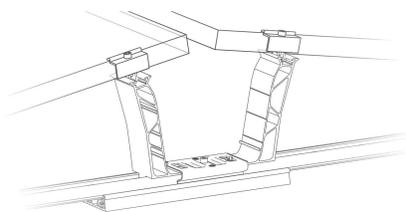
Sistema Dome 6



- / Todo tipo de tejados: soluciones para todas las cubiertas
- / Sistema claramente optimizado para el lastre, basado en las últimas normas del túnel de viento
- / Anclaje seguro con conexión fija para techos $< 10^\circ$ y bajas reservas de carga
- / Sistema optimizado por componentes

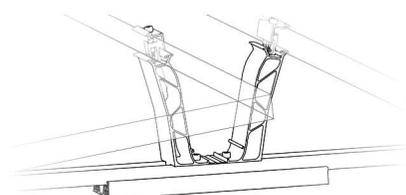


Propiedades



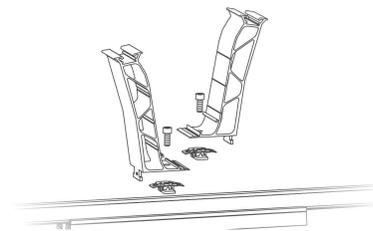
Dome 6 Xpress

- / 4 pasos de montaje para un montaje súper rápido
- / Alineación de los carriles que ahorra tiempo con el calibrador Dome Speed Spacer
- / Sistema de encaje para picos y conectores de carril sin herramientas



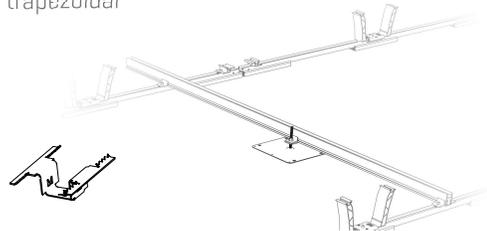
Dome 6 Classic LS

- / Para el montaje en el lado largo del módulo
- / Para tamaños de módulo de hasta 2390 x 1170 mm
- / Basado en Dome 6 Classic



Dome 6 Classic

- / Espacios flexibles entre hileras
- / Adecuado para tejados de lámina, de betón, de grava y verdes
- / Adecuado para la elevación adicional en la chapa trapezoidal

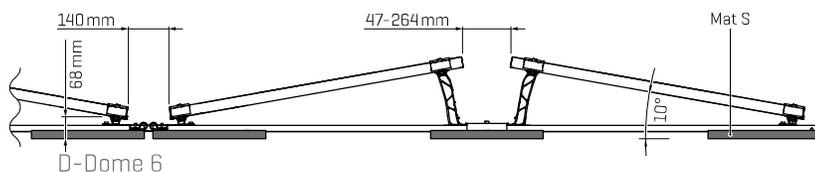


Conexión fija y conexión equipotencial

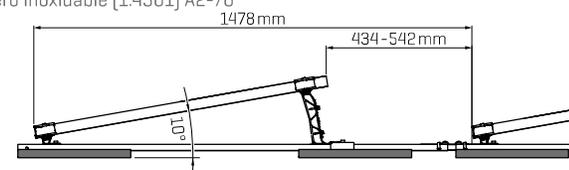
- / **Dome FixPro:** Anclaje de tejado con conexión fija para pendientes de tejado <math>< 10^\circ</math>.
- / **TerraGrif:** para la conexión equipotencial directa en el techo

Dados técnicos

	D-Dome 6		S-Dome 6	
Ámbito de aplicación	Tejados planos <math>< 10^\circ</math> con láminas aislantes o tela asfáltica, sobre hormigón, grava o tejados cultivados			
Tipo de fijación/anclaje al tejado	<ul style="list-style-type: none"> • Lastrado y sin perforación para tejados de inclinación: <math>\leq 3^\circ</math> / Con fijación Dome FixPro: <math>> 3^\circ</math> 			
Requisitos	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño mínimo del sistema: 2 soportes (4 módulos) • Dimensiones permitidas de módulo [L x An x Al]: 1448-2390 x 950-1170 x 30-50 mm • Permitida la fijación en el lado corto del marco del módulo [ver k2-systems.com/es/modulos-autorizados-dome-6] 		<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño mínimo del sistema: 2 módulos 	
Separación térmica Dome 6 Xpress Classic 6 / Classic 6 LS	Carril base máx. 16 m máx. 12 m	Serie de módulos máx. 16 m máx. 16 m	Carril base máx. 15 m máx. 12 m	Serie de módulos máx. 15 m máx. 15 m
La distancia mínima al borde del tejado	600 mm			
Ángulo de inclinación	<math>10^\circ< math><="" td=""> </math>10^\circ<>			
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Peak, SD, Guía de montaje, MidPlate, EndPlate, Connector, Porter, MiniClamps: Aluminio EN AW-6063 T66 y AW-6082 T6 • Mat S Estera protectora: EPDM • Cortavientos: Magnelis / Tornillería: Acero inoxidable [1.4301] A2-70 			



D-Dome 6



S-Dome 6

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

5.- CERTIFICACIÓN ESTRUCTURA MÓDULOS

Certification of structural analysis for the S-Dome 6.10 System

This certifies the structural examination of the S-Dome 6.10 mounting system.

The design checks in the ultimate limit state of the above mentioned systems as well as the checks of position stability against lifting and sliding are fulfilled for the reference conditions listed below and on the basis of validation checks.

The reference conditions are:

- ▶ Angle of inclination: 5° roof inclination, 10° elevation
- ▶ Wind load: $q_p = 0,85 \text{ kN/m}^2$
- ▶ Snow load: $s_k = 0,85 \text{ kN/m}^2$

The calculations were performed in accordance with the following applicable standards:
DIN EN 1991-1-4 and -3 and DIN EN 1993 and DIN EN 1999-1-1.

This certification does not serve as a project specific structural analysis report. The structural design for each individual project needs to be carried out considering the local constraints with the dimensioning software Base. The required ballast for the check of position stability will be determined in K2 Base calculation basis.

Renningen, January 2021



Ronald Laude
Dipl. Bauingenieur (FH)
Dipl. civil engineer

K2 Systems GmbH
Industriestraße 18
D- 71272 Renningen
Tel. +49 (0)7159 42059-0
Fax +49 (0)7159 42059-177
info@k2-systems.com
www.k2-systems.com



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

6.- FICHA CATASTRAL



Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

7.- ESTUDIO PV*SOL

Valencia
España

Nombre del proyecto: Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

17/07/2023

Documentación

Datos del cliente

Empresa	TAB SPAIN S.L.
Número de cliente	
Persona de contacto	
Dirección	Carrer Llobateres, 28, 08210 Barberà del Vallès, Barcelona
Teléfono	
Fax	
E-mail	

Datos del proyecto

Nombre del proyecto	Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.
N.º de oferta	
Autor	Joseph Andres Gil Betancur
Dirección	Carrer Llobateres, 28, 08210 Barberà del Vallès, Barcelona



Descripción del proyecto:

Estudio de instalacion fotovoltaica conectada a red y con uso de baterias, ubicada en Barcelona.

Vista general del proyecto

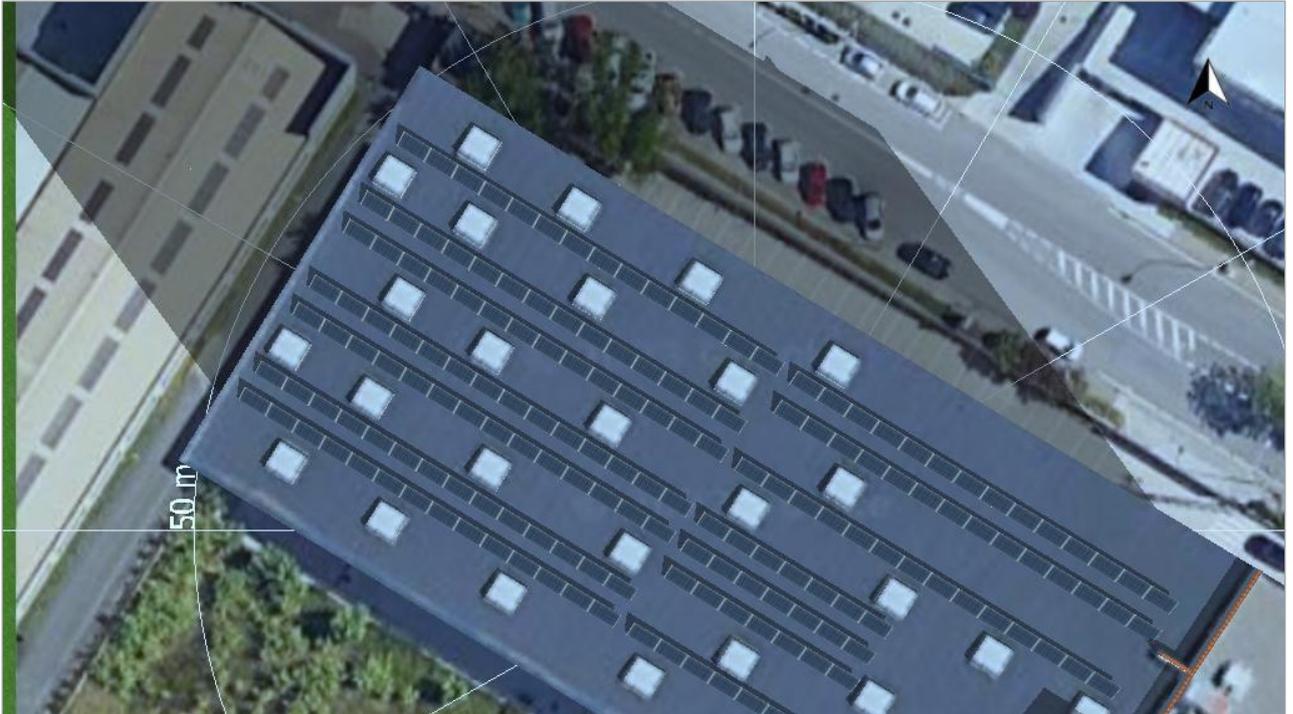


Figura: Vista general, Planificación 3D

Instalación FV

3D, Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería

Datos climáticos	Barberà del Vallès, ESP (2005 - 2020)
Fuente de los valores	PVGIS-SARAH2/ERA5
Potencia generador FV	92,4 kWp
Superficie generador FV	429,4 m ²
Número de módulos FV	168
Número de inversores	6
N.º de sistemas de baterías	16

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Ciente: TAB SPAIN S.L.

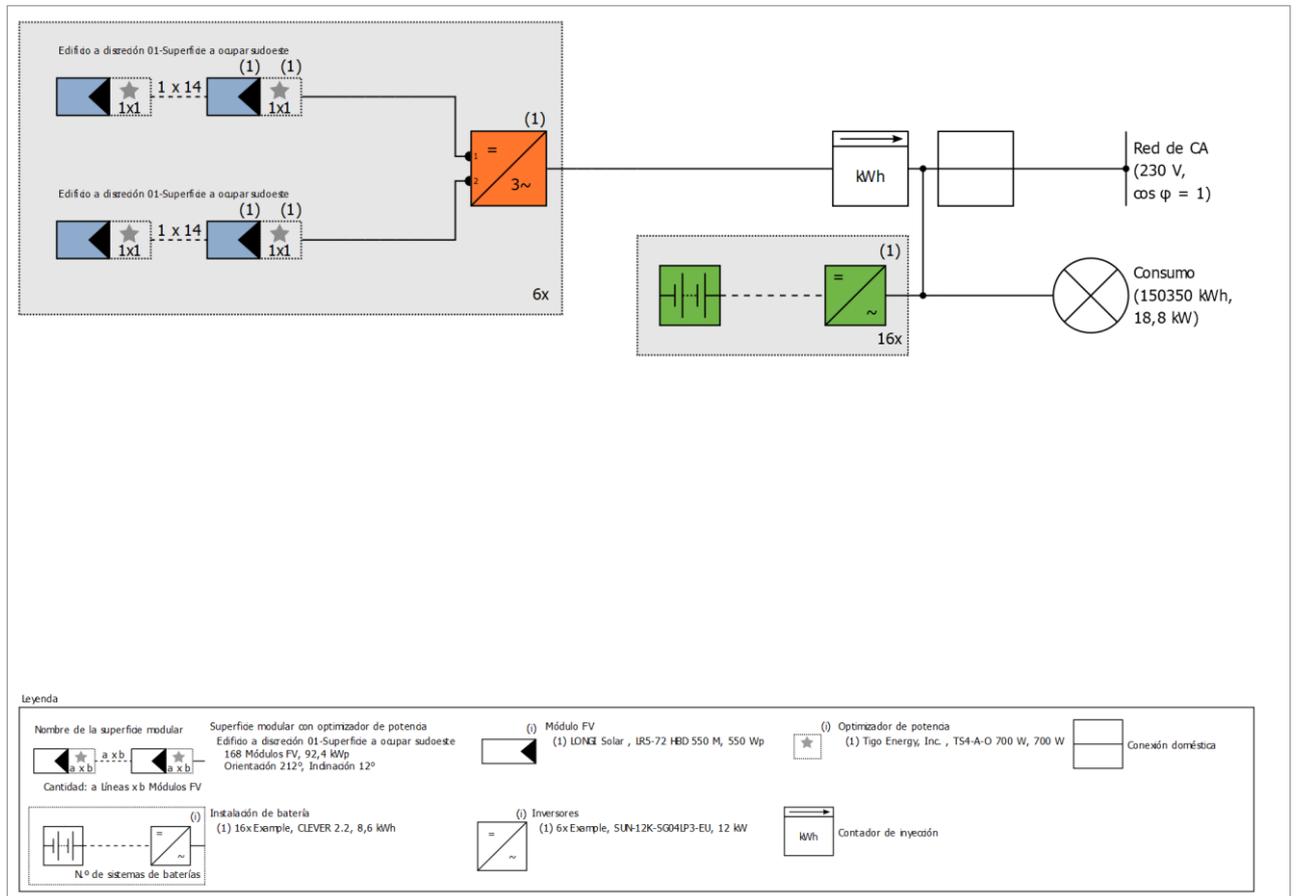


Figura: Diagrama esquemático

Pronóstico rendim.

Pronóstico rendim.

Potencia generador FV	92,40 kWp
Rendimiento anual espec.	1.684,33 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	87,45 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,3 %
Energía de generador FV (Red CA)	155.772 kWh/Año
Consumo propio directa	61.414 kWh/Año
Carga de baterías	48.913 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	45.445 kWh/Año
Proporción de consumo propio	70,8 %
Emisiones de CO ₂ evitadas	39.580 kg / año
Grado de autarquía	66,3 %

Evaluación económica

Su beneficio

Costes totales de inversión	138.600,00 €
Tasa interna de retorno (TIR)	13,83 %
Duración amortización	7,1 Años
Costes de producción de energía	0,0494 €/kWh
Balance / Concepto de alimentación	Inyección del excedente en la red

Los resultados han sido calculados mediante un modelo de cálculo matemático de la empresa Valentin Software GmbH (algoritmos PV*SOL). Los resultados reales de la instalación fotovoltaica pueden mostrar variaciones debido a las variaciones meteorológicas, curvas de eficiencia de los modulos o de inversores así como a otras causas.

Disposición de la instalación

Resumen

Datos del sistema

Tipo de instalación	3D, Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería
Puesta en marcha	21/06/2023

Datos climáticos

Ubicación	Barberà del Vallès, ESP (2005 - 2020)
Fuente de los valores	PVGIS-SARAH2/ERA5
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Hofmann
- Radiación sobre superficie inclinada	Hay & Davies

Consumo

Consumo total	150350 kWh
Datos factura : Fenie energia	150350 kWh
Pico de carga	18,8 kW

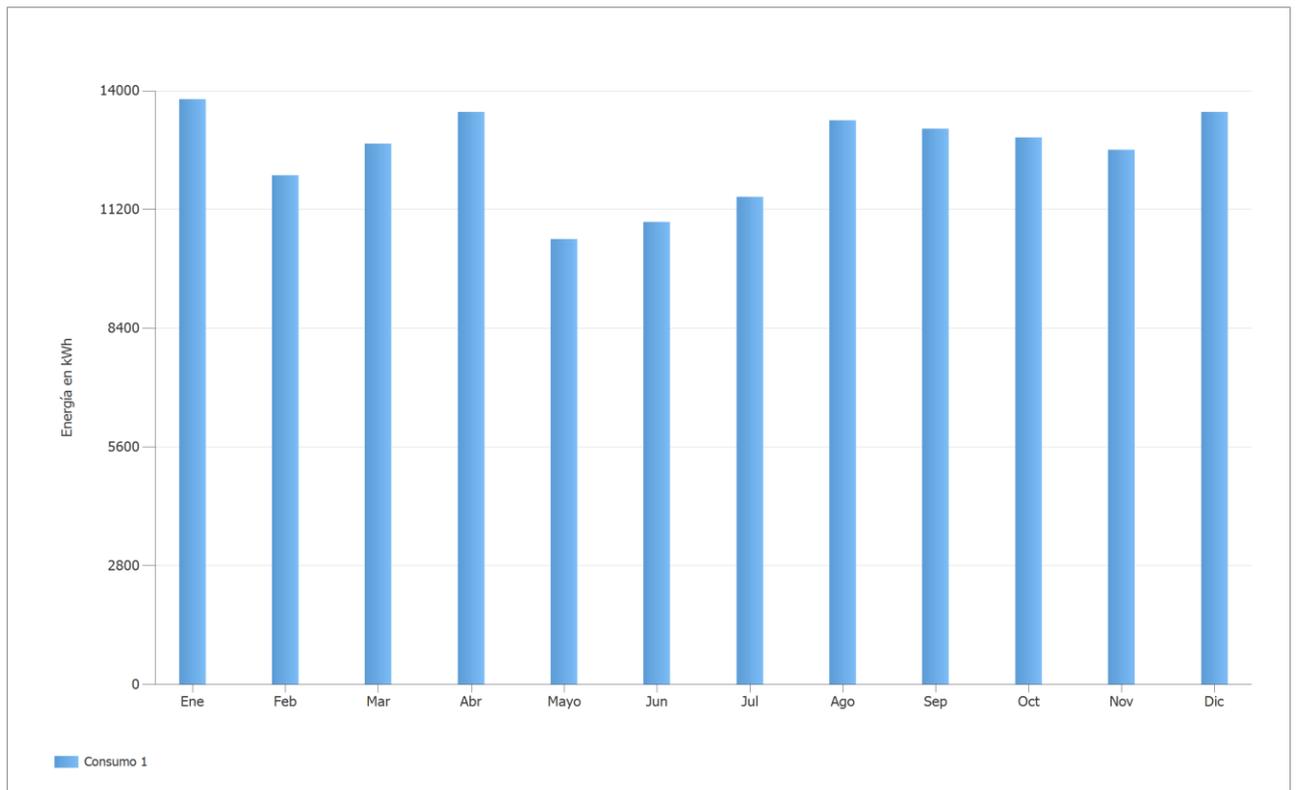


Figura: Consumo

Superficies de módulos

1. Superficie fotovoltaica - Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste

Generador FV, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste

Nombre	Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste
Módulos FV	168 x LR5-72 HBD 550 M (v2)
Fabricante	LONGI Solar
Inclinación	12 °
Orientación	Suroeste 212 °
Situación de montaje	Sobre soportes - tejado
Superficie generador FV	429,4 m ²



Figura: 1. Superficie fotovoltaica - Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Ciente: TAB SPAIN S.L.

Degradación de los módulos, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste

Curva característica	Lineal
Potencia restante al cabo de 30 años	85 %

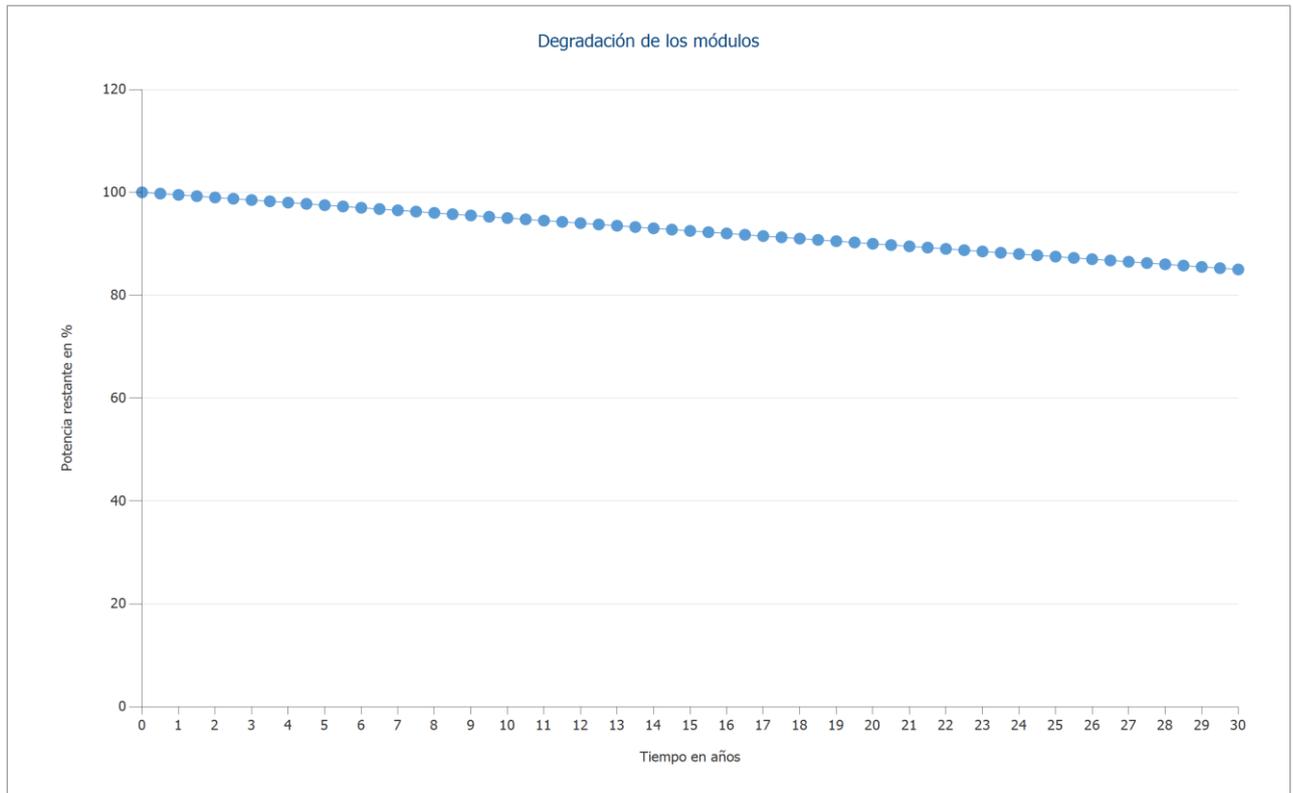


Figura: Degradación de los módulos, 1. Superficie fotovoltaica - Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste

Línea del horizonte, Planificación 3D

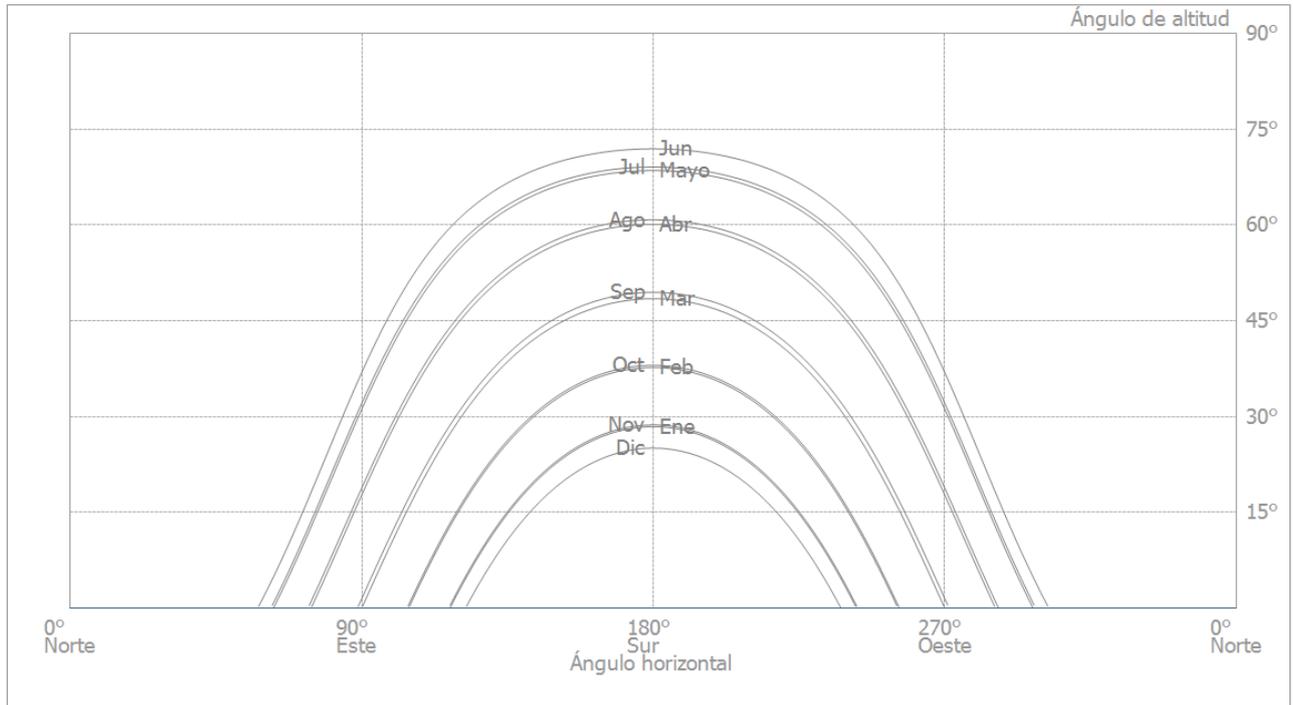


Figura: Horizonte (Planificación 3D)

Conexión del inversor

Conexión 1

Superficie fotovoltaica	Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste
Inversores 1	
Modelo	SUN-12K-SG04LP3-EU (v1)
Fabricante	Example
Cantidad	6
Factor de dimensionamiento	128,3 %
Conexión	MPP 1: 1 x 14☆ [1 x 1] MPP 2: 1 x 14☆ [1 x 1]
Optimizador de potencia	168x Tigo Energy, Inc. , TS4-A-O 700 W (v2)

Red de CA

Red de CA

Número de fases	3
Tensión de red entre fase y neutro	230 V
Factor de desfase (cos phi)	+/- 1

Instalaciones de batería

Instalación de batería

Modelo	CLEVER 2.2 (v5)
Fabricante	Example
Cantidad	16
Inversors de batería	
Tipo de conexión	Conexión a CA
Potencia nominal	10 kW
Batería	
Fabricante	Huawei Technologies
Modelo	LUNA2000-5KW-E0 (v4)
Cantidad	2
Energía de la batería	8,6 kWh
Tipo de batería	Fosfato de hierro y litio

Resultados de simulación

Resultados Sistema completo

Instalación FV

Potencia generador FV	92,40 kWp
Rendimiento anual espec.	1.684,33 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	87,45 %
Reducción de rendimiento por sombreado	0,3 %
Energía de generador FV (Red CA)	155.772 kWh/Año
Consumo propio directa	61.414 kWh/Año
Carga de baterías	48.913 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	45.445 kWh/Año
Proporción de consumo propio	70,8 %
Emissiones de CO ₂ evitadas	39.580 kg / año

Energía de generador FV (Red CA)



Consumidores

Consumidores	150.350 kWh/Año
Consumo Standby (Inversores)	140 kWh/Año
Consumo total	150.490 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	61.414 kWh/Año
cubierto mediante batería neto	38.402 kWh/Año
cubierto mediante red	50.674 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	66,3 %

Consumo total



Instalación de batería

Carga al principio	138 kWh
Carga de baterías (Total)	48.913 kWh/Año
Carga de baterías (Instalación FV)	48.913 kWh/Año
Carga de baterías (Red)	0 kWh/Año
Energía procedente de las baterías destinada para consumo	38.402 kWh/Año
Pérdidas debido a la carga/descarga	8.423 kWh/Año
Pérdidas en batería	2.226 kWh/Año
Carga de ciclos	5,9 %
Vida útil	17 Años

Carga de baterías (Total)



Grado de autarquía

Consumo total	150.490 kWh/Año
cubierto mediante red	50.674 kWh/Año
Grado de autarquía	66,3 %

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Ciente: TAB SPAIN S.L.

Gráfico de flujo de energía

Proyecto: Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

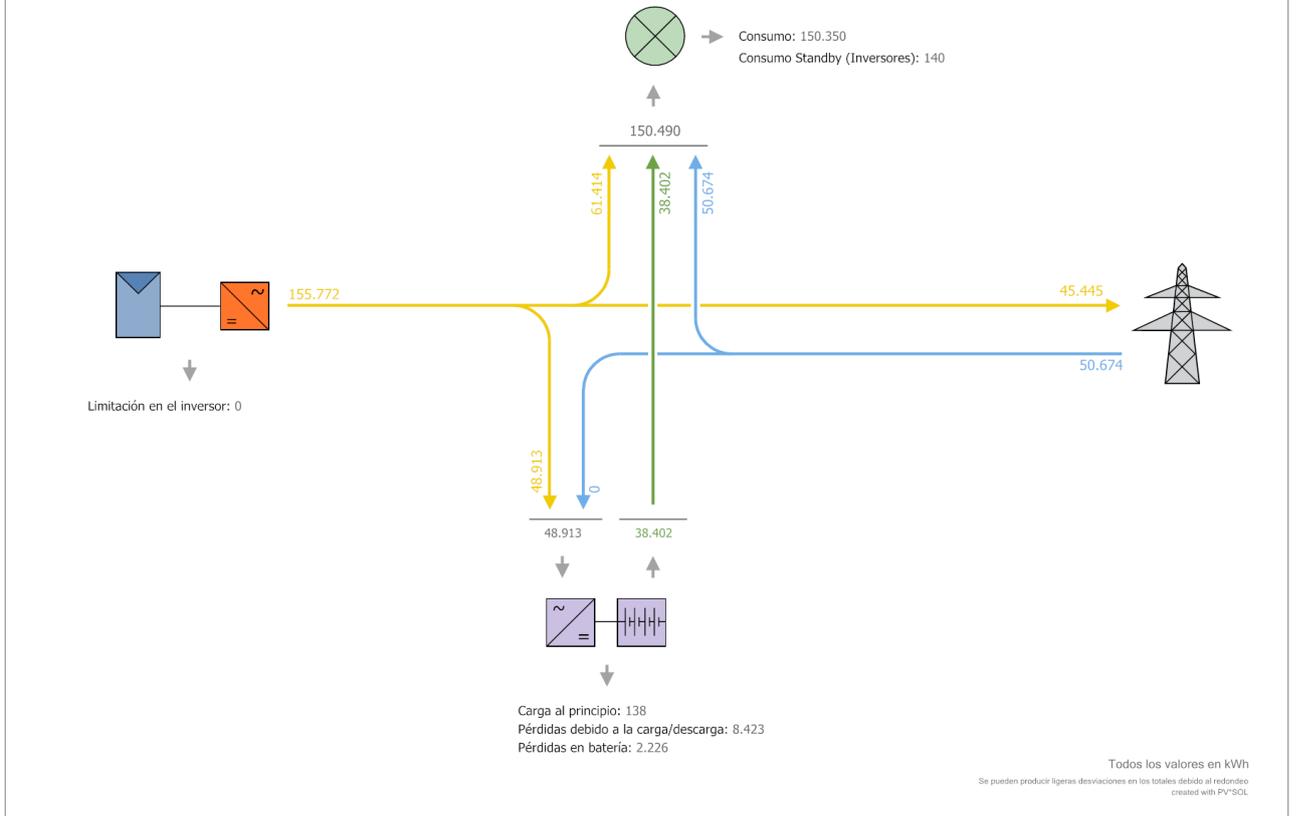


Figura: Flujo de energía

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Ciente: TAB SPAIN S.L.

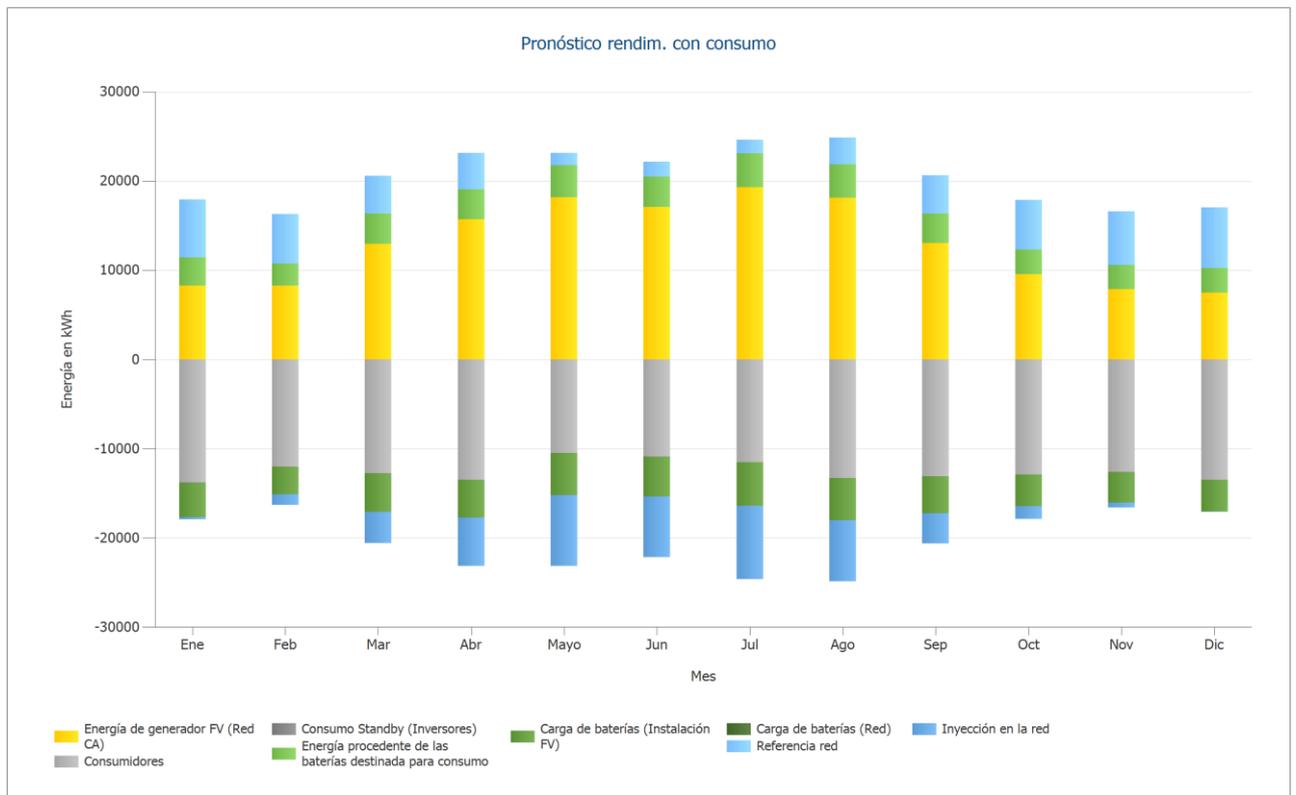


Figura: Pronóstico rendim. con consumo

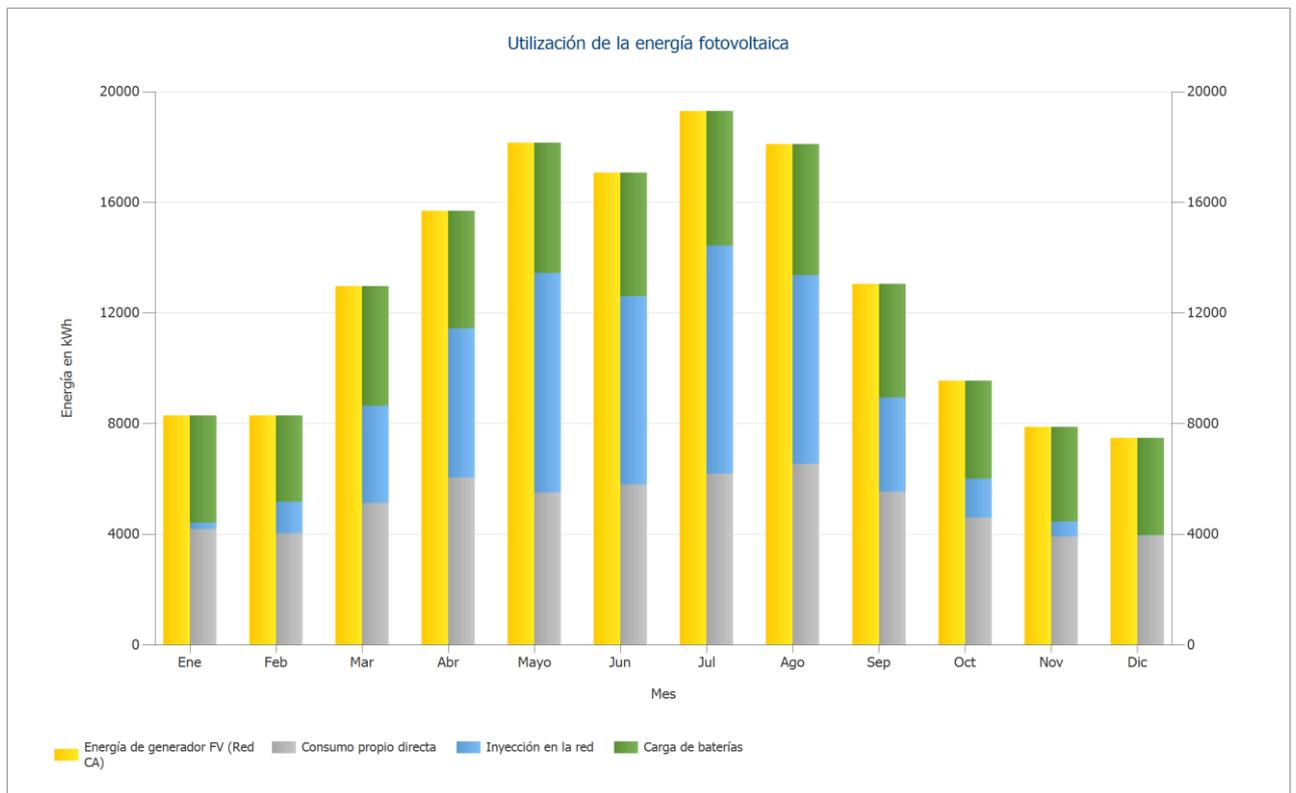


Figura: Utilización de la energía fotovoltaica

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Cliente: TAB SPAIN S.L.

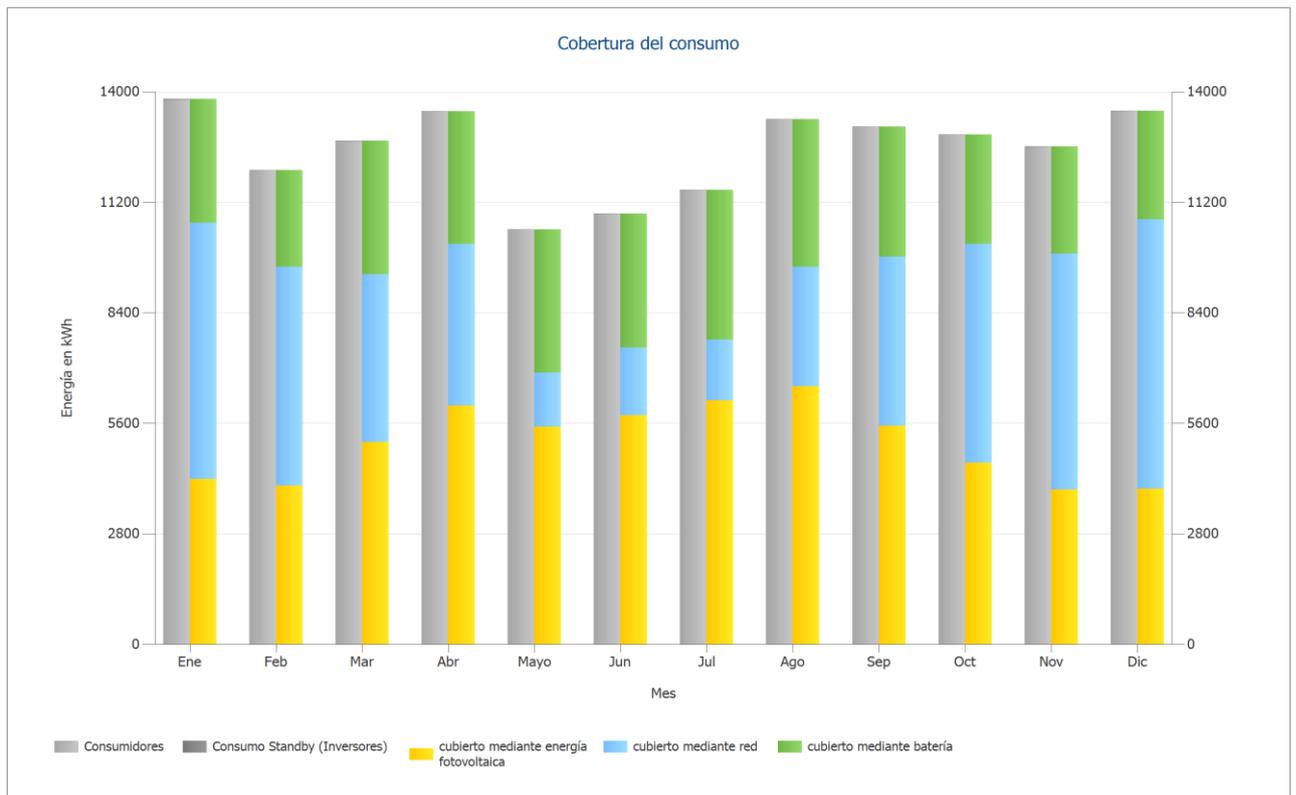


Figura: Cobertura del consumo

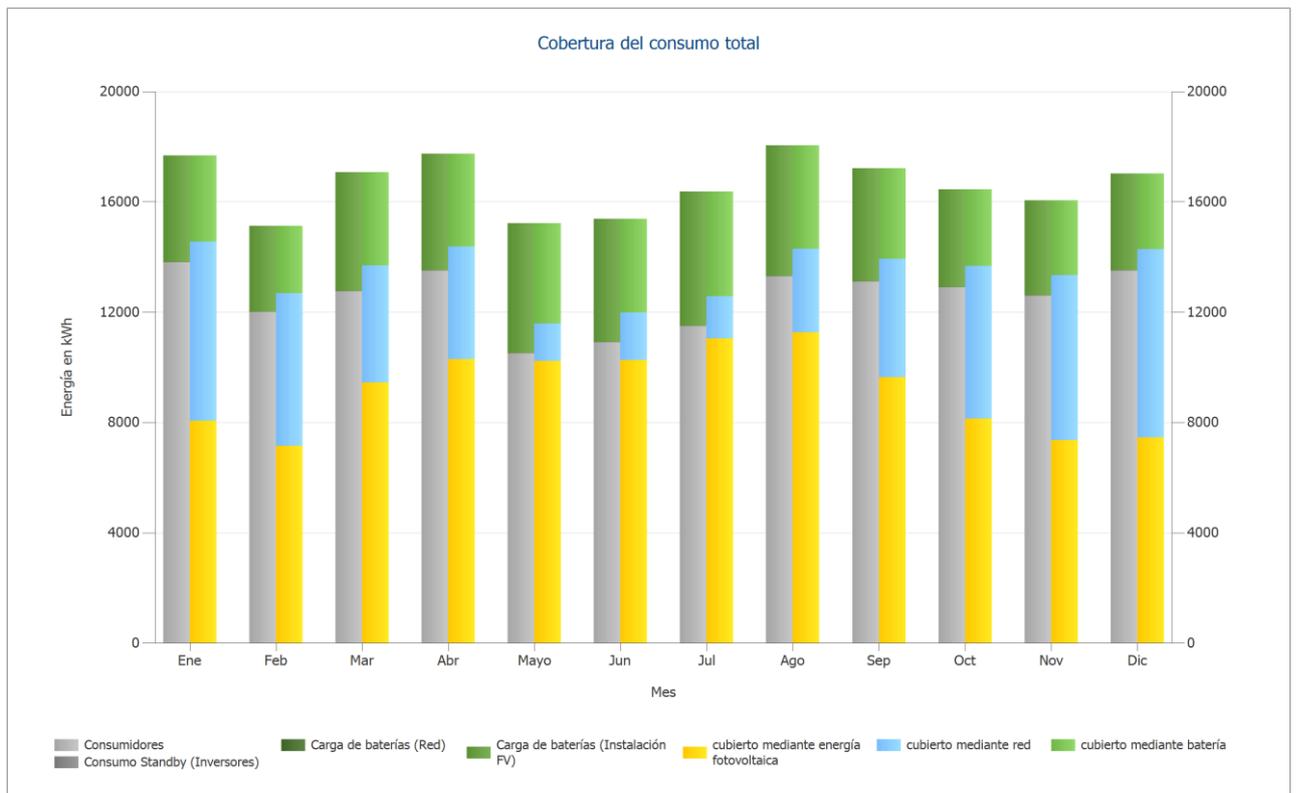


Figura: Cobertura del consumo total

Resultados por superficie de módulos

Edificio a discreción 01-Superficie a ocupar sudoeste

Potencia generador FV	92,40 kWp
Superficie generador FV	429,42 m ²
Irradiación global sobre módulo	1917,21 kWh/m ²
Radiación global en el módulo sin reflexión	1924,63 kWh/m ²
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	87,53 %
Energía de generador FV (Red CA)	155772,04 kWh/Año
Rendimiento anual espec.	1685,84 kWh/kWp

Balance energético de instalación fotovoltaica

Balance energético de instalación fotovoltaica

Radiación global horizontal	1.699,98 kWh/m²	
Desviación del espectro estandar	-17,00 kWh/m ²	-1,00 %
Reflexión del suelo (albedo)	3,68 kWh/m ²	0,22 %
Orientación y inclinación de la superficie de módulos	185,03 kWh/m ²	10,97 %
Sombreado independiente del módulo	0,00 kWh/m ²	0,00 %
Reflexión en la superficie del módulo	-7,42 kWh/m ²	-0,40 %
Irradiancia en el lado posterior del módulo	52,94 kWh/m ²	2,84 %
Irradiación global sobre módulo	1.917,21 kWh/m²	
	1.917,21 kWh/m ²	
	x 429,416 m ²	
	= 823.280,86 kWh	
Irradiación global fotovoltaica	823.280,86 kWh	
Bifacialidad (70 % de irradiancia posterior)	-6.820,22 kWh	-0,83 %
Ensuciamiento	-12.246,90 kWh	-1,50 %
Conversión STC (eficiencia nominal de módulo 21,53 %)	-631.045,48 kWh	-78,47 %
Energía fotovoltaica nominal	173.168,26 kWh	
Ensombrecimiento parcial específico del módulo	-431,40 kWh	-0,25 %
Rendimiento con luz débil	-1.381,36 kWh	-0,80 %
Desviación de la temperatura nominal del módulo	-7.190,13 kWh	-4,20 %
Diodos	-29,22 kWh	-0,02 %
Inadecuación (datos del fabricante)	0,00 kWh	0,00 %
Inadecuación (Conexión/sombreado)	-1,57 kWh	0,00 %
Optimizador de potencia (conversión DC/limitación)	-501,96 kWh	-0,31 %
Cond. de línea	-877,96 kWh	-0,54 %
Energía fotovoltaica (CC) sin limitación de corriente por inversor	162.754,65 kWh	
Potencia de arranque DC no alcanzada	-8,33 kWh	-0,01 %
Regulación por rango de tensión MPP	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por corriente CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CC máx.	0,00 kWh	0,00 %
Regulación por potencia CA máx. / cos phi	-2.919,43 kWh	-1,79 %
Adaptación MPP	0,00 kWh	0,00 %
Energía FV (DC)	159.826,90 kWh	
Energía en la entrada del inversor	159.826,90 kWh	
Desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	0,00 kWh	0,00 %
Conversión DC/AC	-3.131,29 kWh	-1,96 %
Consumo Standby (Inversores)	-140,38 kWh	-0,09 %
Cables de CA	-923,57 kWh	-0,59 %
Energía fotovoltaica (CA) menos consumo en modo de espera	155.631,65 kWh	
Energía de generador FV (Red CA)	155.772,04 kWh	

Análisis de rentabilidad

Resumen

Datos del sistema

Inyección en la red en el primer año (incl. degradación del módulo)	45.333 kWh/Año
Potencia generador FV	92,4 kWp
Puesta en marcha de la instalación	21/06/2023
Periodo de consideración	20 Años
Interés del capital	1 %

Parámetros económicos

Tasa interna de retorno (TIR)	13,83 %
Cashflow acumulado (caja)	252.480,44 €
Duración amortización	7,1 Años
Costes de producción de energía	0,0494 €/kWh

Resumen de pagos

costes específicos de inversión	1.500,00 €/kWp
Coste de la inversión	138.600,00 €
Pagos únicos	0,00 €
Subvenciones	0,00 €
Costes anuales	0,00 €/Año
Otros beneficios y ahorros.	0,00 €/Año

Remuneración y ahorros

Remuneración total en el primer año	5.906,87 €/Año
Ahorros durante el primer año	14.036,43 €/Año

Real Decreto 1578/2008 - Instalaciones en suelo (Tipo II)

Validez	21/06/2023 - 20/06/2048
Remuneración spec. por energía inyectada en la red	0,1303 €/kWh
Tarifa de inyección	5906,8728 €/Año

Tarifa estándar (Example)

Precio de trabajo	0,1412 €/kWh
Factor de cambio del precio del costo del consumo energético	2 %/Año

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Ciente: TAB SPAIN S.L.

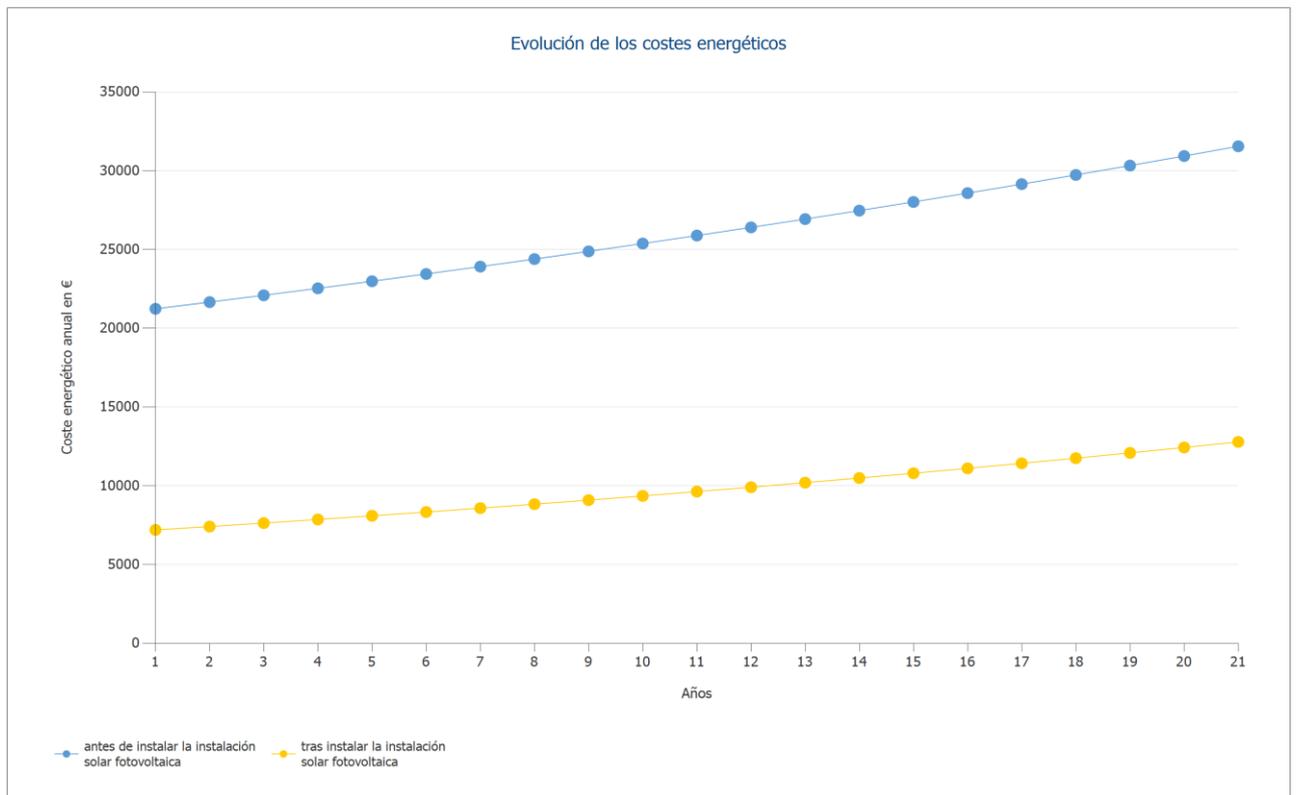


Figura: Evolución de los costes energéticos

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Cliente: TAB SPAIN S.L.

Flujo de caja

Flujo de caja

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversiones	-138.600,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de inyección	5.264,29 €	5.761,46 €	5.675,68 €	5.591,03 €	5.507,50 €
Ahorro consumo electricidad	13.217,15 €	13.964,69 €	14.031,89 €	14.099,05 €	14.166,17 €
Flujo de caja anual	-120.118,56 €	19.726,15 €	19.707,57 €	19.690,09 €	19.673,68 €
Cashflow acumulado (caja)	-120.118,56 €	-100.392,41 €	-80.684,84 €	-60.994,75 €	-41.321,08 €

Flujo de caja

	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Inversiones	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de inyección	5.425,08 €	5.343,75 €	5.263,50 €	5.184,32 €	5.106,19 €
Ahorro consumo electricidad	14.233,24 €	14.300,24 €	14.367,19 €	14.434,04 €	14.500,83 €
Flujo de caja anual	19.658,33 €	19.644,00 €	19.630,69 €	19.618,36 €	19.607,01 €
Cashflow acumulado (caja)	-21.662,75 €	-2.018,75 €	17.611,94 €	37.230,30 €	56.837,31 €

Flujo de caja

	Año 11	Año 12	Año 13	Año 14	Año 15
Inversiones	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de inyección	5.029,09 €	4.953,02 €	4.877,97 €	4.803,91 €	4.730,85 €
Ahorro consumo electricidad	14.567,50 €	14.634,09 €	14.700,57 €	14.766,92 €	14.833,15 €
Flujo de caja anual	19.596,59 €	19.587,11 €	19.578,54 €	19.570,84 €	19.564,00 €
Cashflow acumulado (caja)	76.433,91 €	96.021,02 €	115.599,55 €	135.170,39 €	154.734,39 €

Flujo de caja

	Año 16	Año 17	Año 18	Año 19	Año 20
Inversiones	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €	0,00 €
Tarifa de inyección	4.658,76 €	4.587,63 €	4.517,46 €	4.448,22 €	4.379,92 €
Ahorro consumo electricidad	14.899,24 €	14.965,19 €	15.030,98 €	15.096,60 €	15.162,06 €
Flujo de caja anual	19.557,99 €	19.552,82 €	19.548,43 €	19.544,83 €	19.541,98 €
Cashflow acumulado (caja)	174.292,39 €	193.845,21 €	213.393,64 €	232.938,47 €	252.480,44 €

Las tasas de degradación e inflación se aplican mensualmente durante todo el período de observación. Esto ya se realiza en el primer año.

Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.

Autor: Joseph Andres Gil Betancur

Ciente: TAB SPAIN S.L.

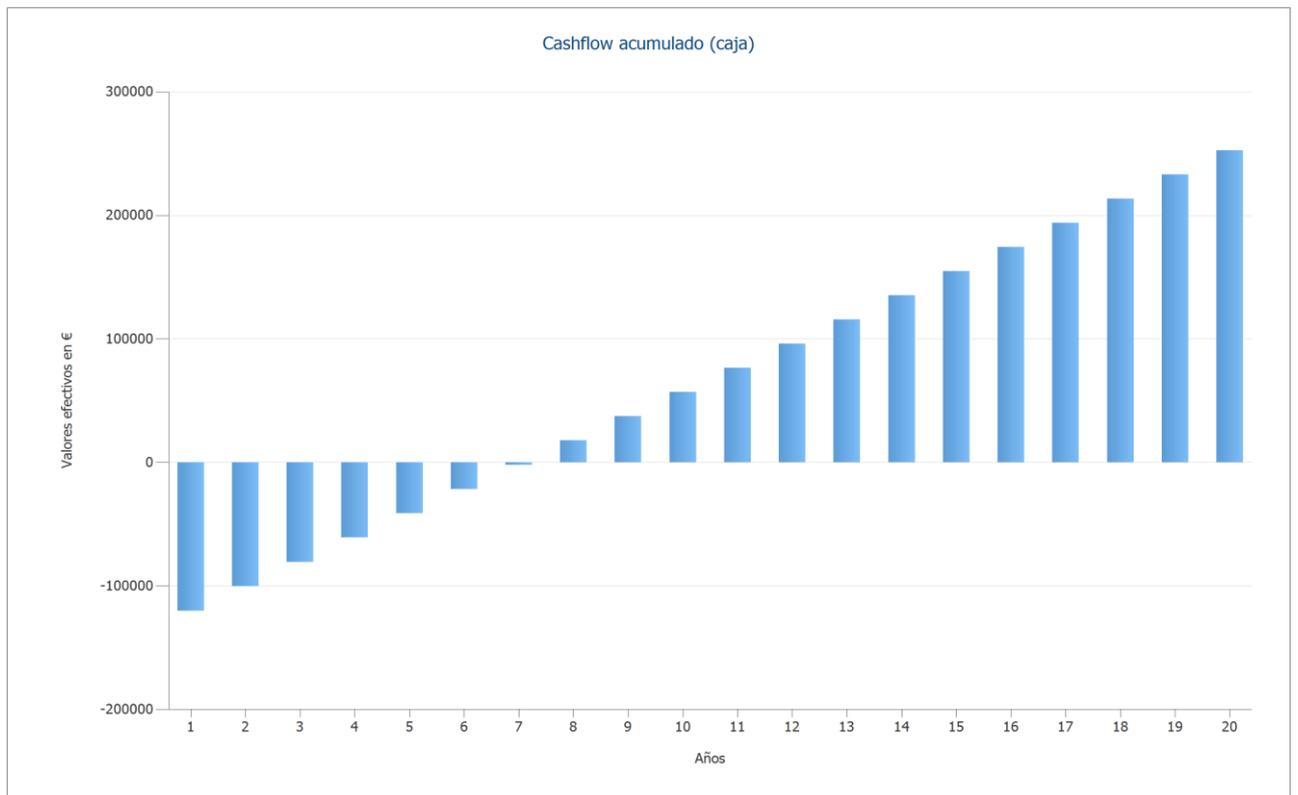


Figura: Cashflow acumulado (caja)

Hojas

Hoja de datos módulo FV

Módulo FV: LR5-72 HBD 550 M (v2)

Fabricante	LONGI Solar
Suministr.	Sí

Datos eléctricos

Tipo de célula	Si monocristalino
Módulo de media celda	Sí
Número de células	72
Número de diodos de bypass	3
Caída de voltaje por diodo de derivación	1 V
Optimizador de potencia integrado	No
Sólo apto para transf. inversor	No

Caract. U/I- STC

Tensión en MPP	41,95 V
Corriente en MPP	13,12 A
Tens. circ. abierto	49,8 V
Corriente de cortocircuito	13,99 A
Aumento tensión de circuito abierto antes de estabil.	0 %
Potencia nominal	550 W
Factor de forma	79 %
Eficiencia	21,53 %

Características U/I con carga parcial

Fuente de los valores	Fabricante/proprios
Irradiación	200 W/m ²
Tensión en el MPP con carga parcial	40,27 V
Corriente en el MPP con carga parcial	2,67 A
Tens. circ. abierto con carga parcial	46,65 V
Corriente de cortocircuito con carga parcial	2,86 A

Parámetros adicionales

Coeficiente de temperatura de Voc	-132 mV/K
Coeficiente de temperatura de Isc	7 mA/K
Coeficiente de temperatura de Pmpp	-0,34 %/K
Factor corr. angular (IAM)	100 %
Factor bifacial	70 %
Tensión máxima del sistema	1500 V

Datos mecánicos

Anchura	1133 mm
Alto	2256 mm
Profundidad	35 mm
Ancho del marco	11 mm
Peso	32,3 kg

Ficha técnica del optimizador de potencia

Optimizador de potencia: TS4-A-O 700 W (v2)

Fabricante	Tigo Energy, Inc.
Suministr.	Sí

Datos eléctricos

Integrado en módulo	No
Modo del optimizador	Buck
Potencia nominal DC	700 W
Tensión máxima de entrada	80 V
Máx. tensión de salida	-1 V
Corriente máx. de entrada	15 A
Máx. corriente de salida	-1 A
Tensión MPP min.	16 V
Tensión MPP máx.	80 V
Reducción de la tensión de circuito abierto	0 %
Máxima discordancia de cadenas	25 %

Hoja de datos inversor

Inversores: SUN-12K-SG04LP3-EU (v1)

Fabricante	Example
Suministr.	Sí
Datos eléctricos - CC	
Potencia nominal DC	12 kW
Potencia DC máx.	15,6 kW
Tensión nominal DC	550 V
Tensión máxima de entrada	800 V
Corriente máx. de entrada	39 A
Corriente máxima de cortocircuito	51 A
Número de entradas DC	4
Datos eléctricos - CA	
Potencia nom. CA	12 kW
Potencia AC máx.	13200 kVA
Tensión nominal en corriente alterna	400 V
Número de fases	3
Con transf.	Sí
Datos eléctricos - Otro	
Modificación del grado de rend. en caso de desviación de la tensión de entrada de la tensión nominal	0,25 %/100V
Mín. Potencia introducida	50 W
Consumo Standby	5,5 W
Consumo nocturno	5,5 W
Seguidor MPP	
Rango de potencia < 20% de la potencia nominal	99,9 %
Rango de potencia > 20% de la potencia nominal	99,9 %
Número de seguidores MPP	2
Recuento de diferentes rastreadores	2
Rastreador MPP tipo 1	
Cantidad	1
Seguidor MPP	1
Corriente máx. de entrada	26 A
Corriente máxima de cortocircuito	34 A
Potencia de entrada máx.	15,6 kW
Tensión MPP min.	200 V
Tensión MPP máx.	650 V
Rastreador MPP tipo 2	
Cantidad	1
Seguidor MPP	2
Corriente máx. de entrada	13 A
Corriente máxima de cortocircuito	17 A
Potencia de entrada máx.	15,6 kW
Tensión MPP min.	200 V
Tensión MPP máx.	650 V

Hoja de datos del sistema de baterías

Instalación de batería: CLEVER 2.2 (v5)

Fabricante	Example
Suministr.	Sí
Inversors de batería	
Potencia nominal	10 kW
Potencia máx. de carga	10 kW
Potencia máx. de descarga	10 kW
Tipo de conexión	Conexión a CA
Batería	
Fabricante batería	Huawei Technologies
Modelo	LUNA2000-5KW-E0 (v4)
Cantidad	2 (2x1)
Tensión CC de sistema de baterías	102,4 V
Energía batería utilizable	8,6 kWh
Capacidad a t=10 h	100 Ah

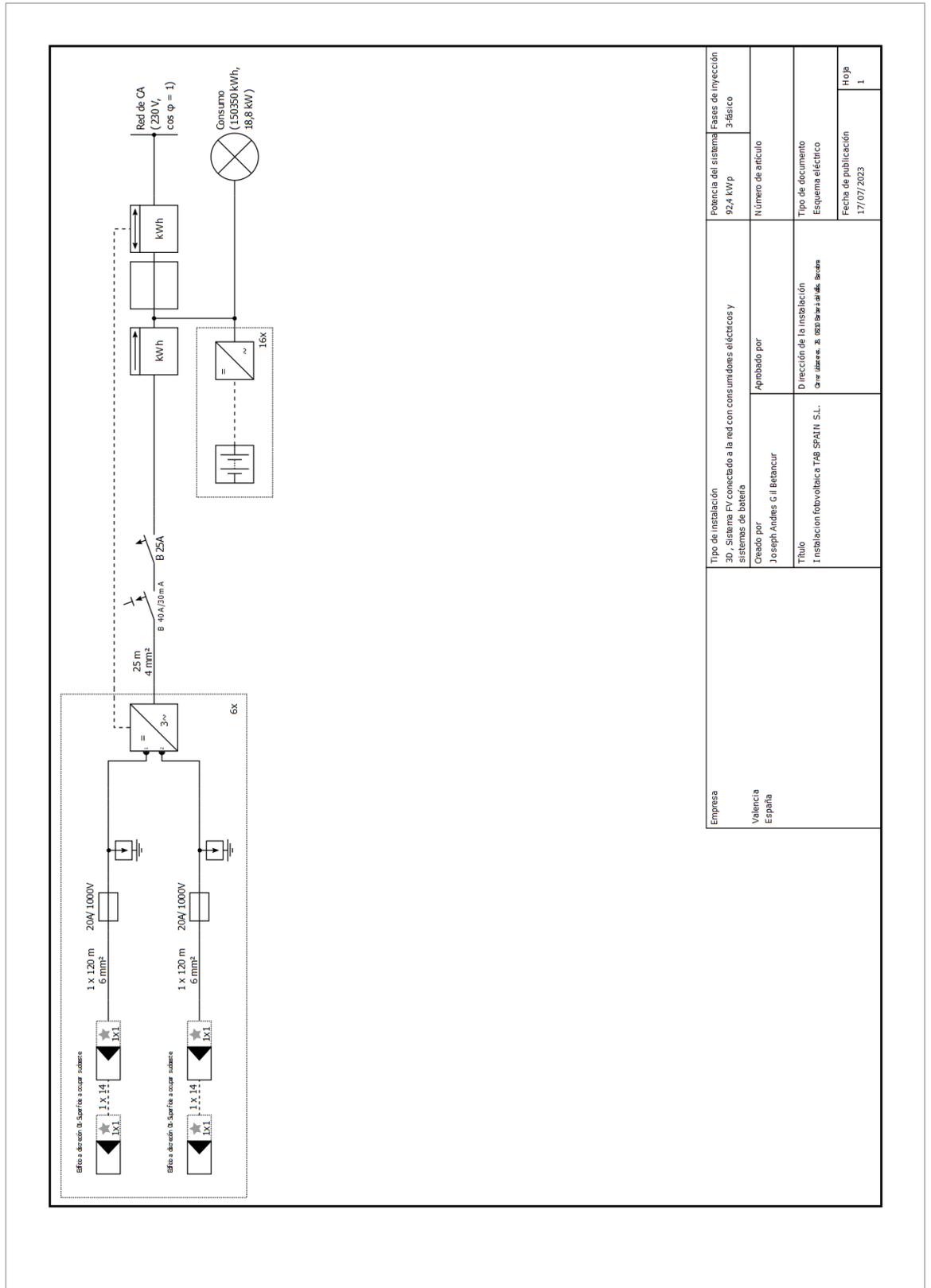
Hoja batería

Batería: LUNA2000-5KW-E0 (v4)

Fabricante	Huawei Technologies
Suministr.	Sí
Datos eléctricos	
Tipo de batería	Fosfato de hierro y litio
Tensión de célula	3,2 V
Número de células en serie	16
Tensión nominal	51,2 V
Número de líneas de baterías	1
Resistencia interna	20 mΩ
Auto-descarga	1,5 %/Mes
Durabilidad en ciclos de carga-descarga (DoD = 40 %)	11250
Datos mecánicos	
Longitud	670 mm
Anchura	150 mm
Alto	360 mm
Peso	50 kg

Planos y listado de piezas

Esquema eléctrico



Empresa Valencia España	Tipo de instalación 30 - Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos y sistemas de batería	Potencia del sistema 92,4 kW p	Fases de inyección 3-fásico
	Creado por Joseph Andres Gil Betancur	Aprobado por	Numero de artículo
	Título Instalacion fotovoltaica TAB SPAIN S.L.	Dirección de la instalación C/ve de la calle 25, 46200 Sagunto, Valencia	Tipo de documento Esquema eléctrico
			Fecha de publicación 17/07/2023
			Hoja 1

Figura: Esquema eléctrico

Plano de conjunto

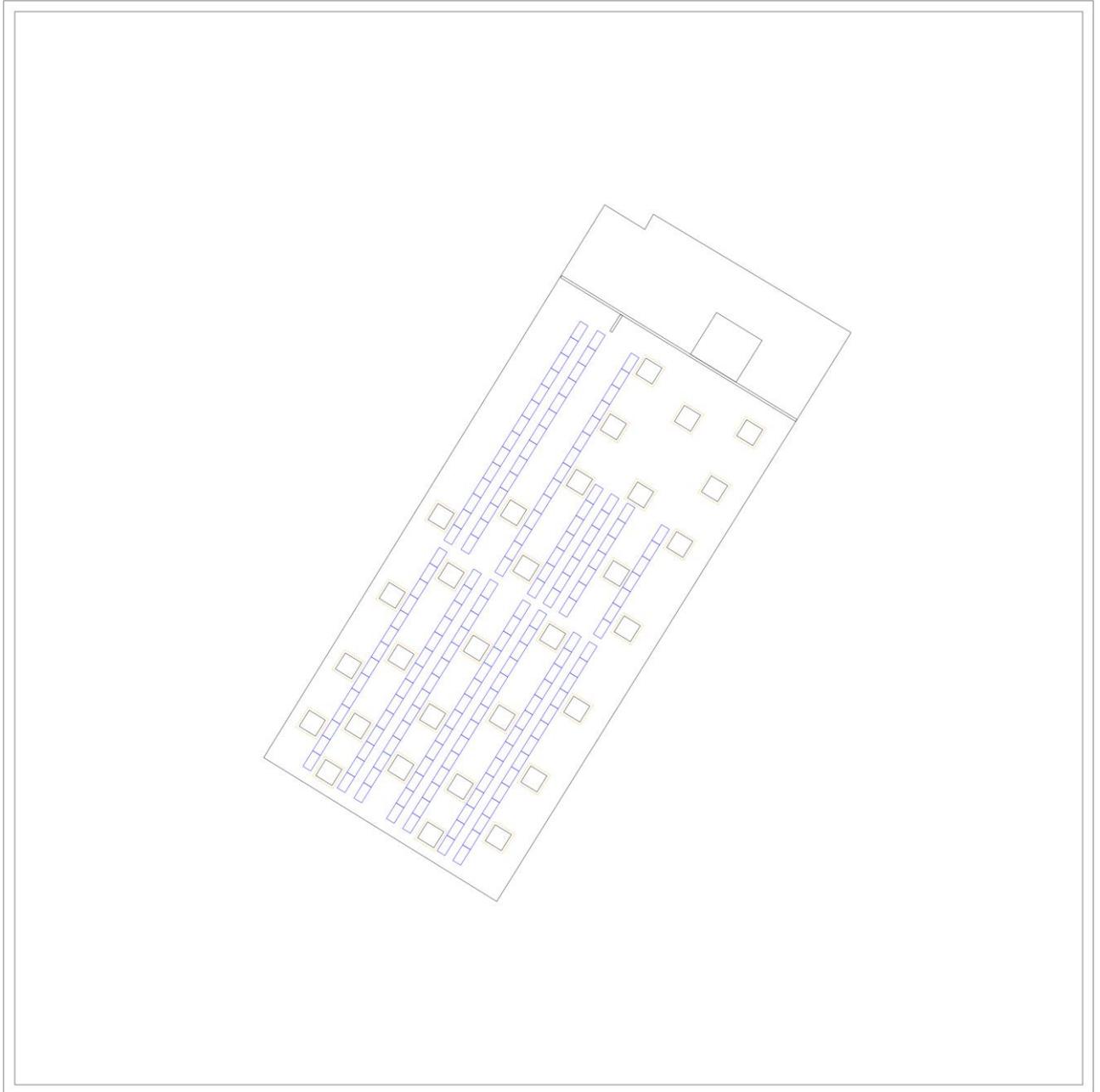


Figura: Plano de conjunto

Plan de acotación



Figura: Edificio a discreción 01 - Superficie a ocupar sudoeste

Plano de líneas

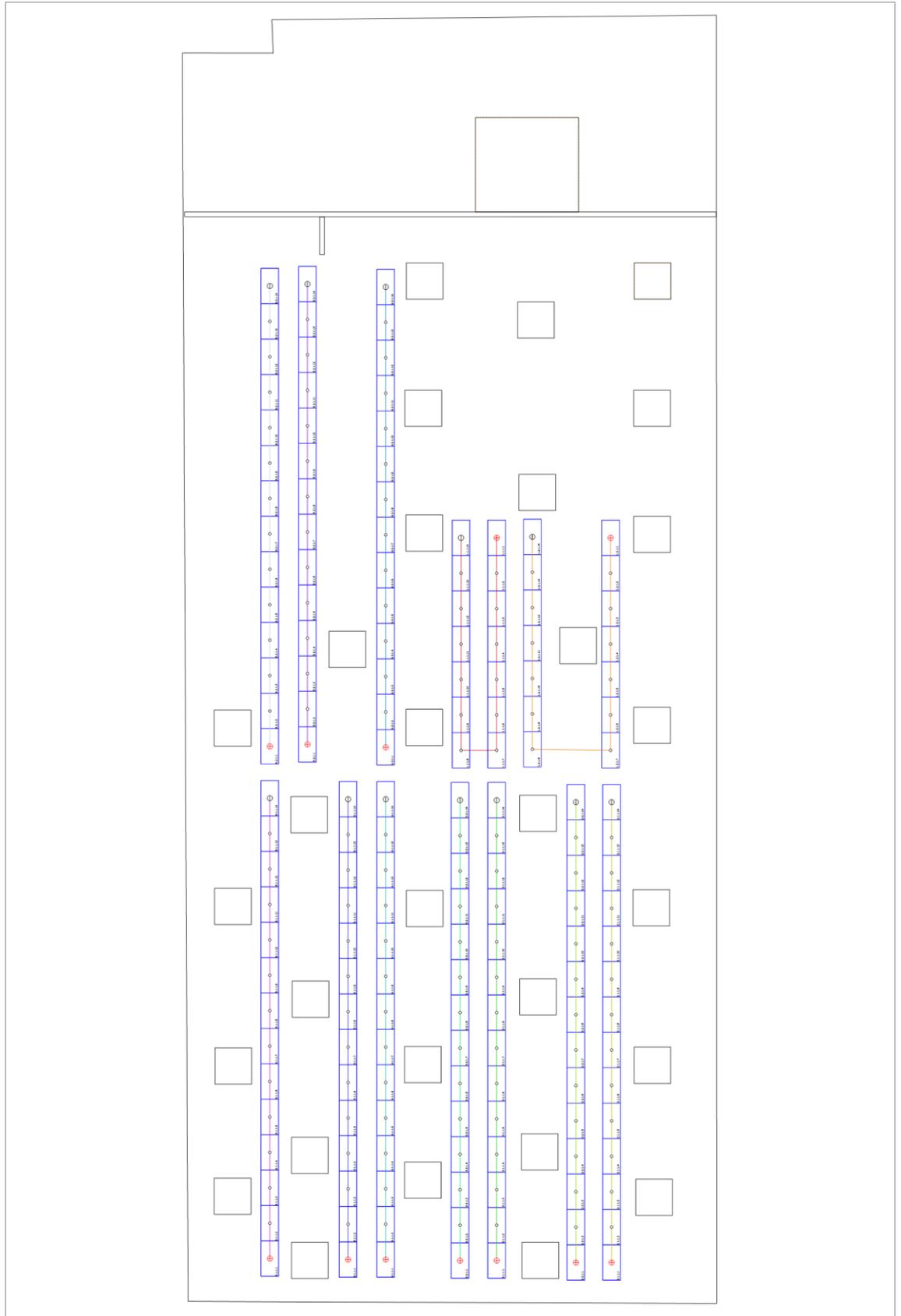


Figura: Edificio a discreción 01 - Superficie a ocupar sudoeste

Lista de piezas

Lista de piezas

#	Tipo	Número de artículo	Fabricante	Nombre	Cantidad	Unidad
1	Módulo FV		LONGI Solar	LR5-72 HBD 550 M	168	Pieza
2	Inversores		Example	SUN-12K-SG04LP3-EU 6		Pieza
3	Optimizador de potencia		Tigo Energy, Inc.	TS4-A-O 700 W	168	Pieza
4	Instalación de batería		Example	CLEVER 2.2	16	Pieza
5	Cable			Cables de CA 3-fásico 4 mm ² Cobre	150	m
6	Cable			Cond. de línea 6 mm ² Cobre	1440	m
7	Componentes			Contador de inyección	1	Pieza
8	Componentes			Conexión doméstica	1	Pieza
9	Componentes			Control de alimentación dinámico	1	Pieza
10	Componentes			Dispositivo diferencial residual (FI/DDR) B 40A/30mA	6	Pieza
11	Componentes			Disyuntor B 25A	6	Pieza
12	Componentes			Fusible 20A/1000V	2	Pieza
13	Componentes			Protección contra sobretensiones con conexión a tierra	2	Pieza

Diseño de una instalación solar fotovoltaica de 90 kW
de conexión a red en la cubierta de una nave industrial

8.- ESTUDIO K2BASE



| Connecting Strength

Informe Base K2

Instalacion Fotovoltaica TAB SPAIN SL

Fecha de instalación prevista	01/07/2023
dirección del proyecto	Carrer Llobateres, 28, 08210 Barberà del Vallès, Barcelona, España
Cliente	TAB SPAIN SL
Autor	Joseph Andres Gil Betancur
Fecha de emisión y versión	17/07/2023 K2 Base Versión 3.1.86.1

Sobre nosotros

K2 Systems. Sistema de montaje innovador de un equipo fuerte.

Desde 2004, desarrollamos soluciones de sistemas de montaje pioneras y altamente funcionales para instalaciones fotovoltaicas en todo el mundo. Nuestros sistemas están diseñados en nuestro propio departamento de desarrollo de productos, donde continuamente optimizamos y adaptamos los sistemas de montaje al mercado en constante cambio.

Un equipo conocedor y amigable

Al igual que un equipo de montañismo, K2 Systems se basa en la confianza mutua. Esto se aplica tanto a nuestro servicio al cliente como dentro de la propia empresa, porque creemos que una asociación de confianza conduce a proyectos fotovoltaicos exitosos.

Nuestros empleados se centran totalmente en las necesidades y deseos de nuestros clientes. Esto es así en todos los departamentos de la empresa.

10 ubicaciones y red de ventas en todo el mundo

En nuestro equipo internacional, todos trabajan juntos para brindar a los clientes un servicio competente, completo y totalmente personalizado.

Esto es especialmente cierto en la capacitación constante que reciben nuestros empleados con respecto a la optimización del producto, el control de calidad o las innovaciones en las técnicas de construcción.

Gestión de calidad y certificados

K2 Systems es sinónimo de uniones seguras, máxima calidad y componentes personalizados y de precisión. Nuestros clientes y socios comerciales aprecian profundamente todos estos factores. Tres autoridades independientes han probado, confirmado y certificado nuestras habilidades y componentes. Las autoridades externas no son las únicas que han puesto a prueba a K2 Systems. Nuestro control de calidad interno garantiza que todos nuestros productos se someten a un proceso de revisión constante.

Todas estas medidas garantizan los extraordinarios estándares de calidad que ejemplifican los productos de K2 Systems, y que mantenemos a través de prácticas en gran medida exclusivas "Made in Germany" o "Made in Europe".



Garantía del producto

K2 Systems ofrece una garantía de producto de 12 años en todos los productos de su gama integrada. El uso de materiales de alta calidad y una inspección de calidad de tres niveles garantizan estos estándares.

En una palabra

Como especialistas en techos, ofrecemos soluciones efectivas y económicas para techos en todo el mundo y brindamos soporte profesional, rápido y confiable para nuestros clientes en la industria solar.



Contenido

Resumen del proyecto	4
Tejado 1	6
Plan de montaje	9
Resultados	39
Informe de análisis estructural	42
Lista de artículos	47



Resumen del proyecto

Información del proyecto

Nombre	Instalacion Fotovoltaica TAB SPAIN SL
Habla a	Carrer Llobateres, 28, 08210 Barberà del Vallès, Barcelona, España
Elevación de terreno	145,00 m
Fecha de instalación prevista	01/07/2023
Cliente	TAB SPAIN SL
Autor	Joseph Andres Gil Betancur

Cargar ajustes

Código de Diseño	UNE EN
Categoría de daños	CC1
Vida útil	25 años
Categoría de terreno	IV - Zonas urbanas
Zona de carga de viento	3
Zona de carga de nieve	2
Carga de nieve en suelo	0,47 kN/m ²

Tejados

Tejado	Sistema	Módulo	Energía	Número de piezas	Rendimiento global
Tejado 1	S-Dome 6.10 Classic	LR5-72HBD-550M	550 Wp	168	92.4 kWp
					
Total				168	92,40 kWp



EL PROYECTO CONTIENE ADVERTENCIA(S)
Consulte Base para obtener más información.

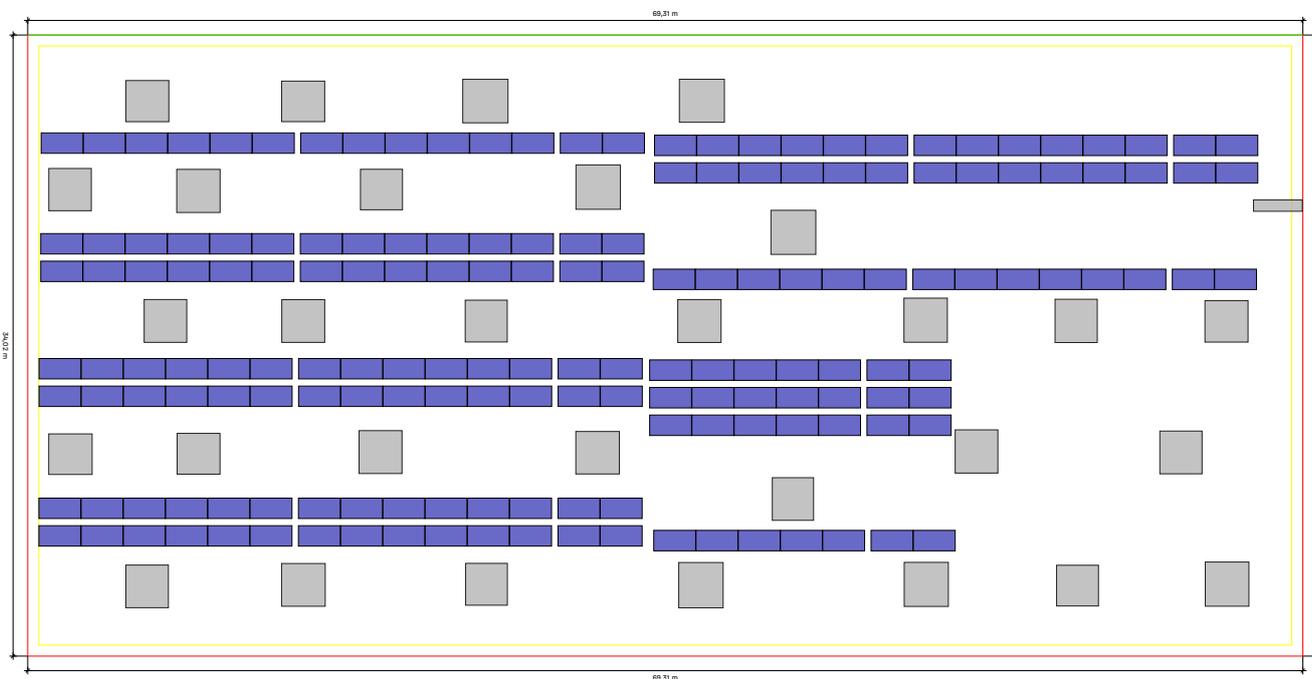
Tejados



Información del proyecto

Nombre	Instalacion Fotovoltaica TAB SPAIN SL
Habla a	Carrer Llobateres, 28, 08210 Barberà del Vallès, Barcelona, España
Elevación de terreno	145,00 m
Fecha de instalación prevista	01/07/2023
Cliente	TAB SPAIN SL
Autor	Joseph Andres Gil Betancur

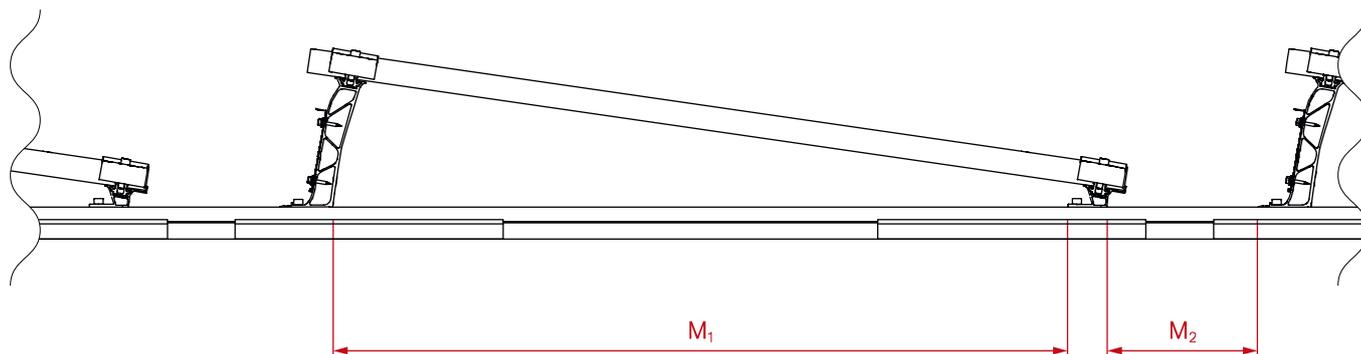
Tejados | Tejado 1



Tejado	Sistema	Módulo	Energía	Número de piezas	Rendimiento global
Tejado 1	S-Dome 6.10 Classic	LR5-72HBD-550M	550 Wp	168	92.4 kWp



Tejados | Tejado 1 | Instrucciones de premontaje / montaje



Campo de módulos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8

M1 1.005,96 mm

M2 373,39 mm



Tejados | Tejado 1 | Plan de montaje

Guía de base

Tipo	Guías completas		Corte de la guía		
	Longitud total	Cantidad 5,50 m	de guía	Longitud	Resto
A	4,200		5,500	4,200	1,290
B	1,180		1,290	1,180	0,100
C	2,685		5,500	2,685	2,805
D	2,685		2,805	2,685	0,109
E	1,175		5,500	1,175	4,315
F	1,175		4,315	1,175	3,129
G	1,175		3,129	1,175	1,944
H	1,175		1,944	1,175	0,758

Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 1



Tejado ① Campo de módulos ①

Sistema de montaje

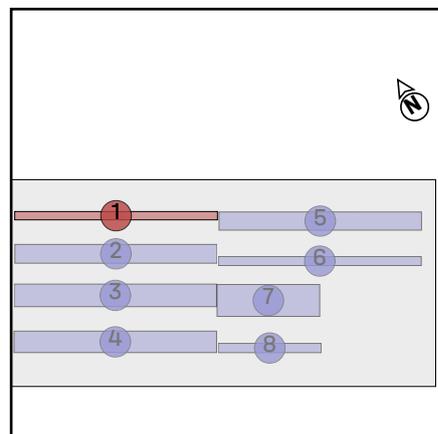
[S-Dome 6.10 Classic](#)

Módulo

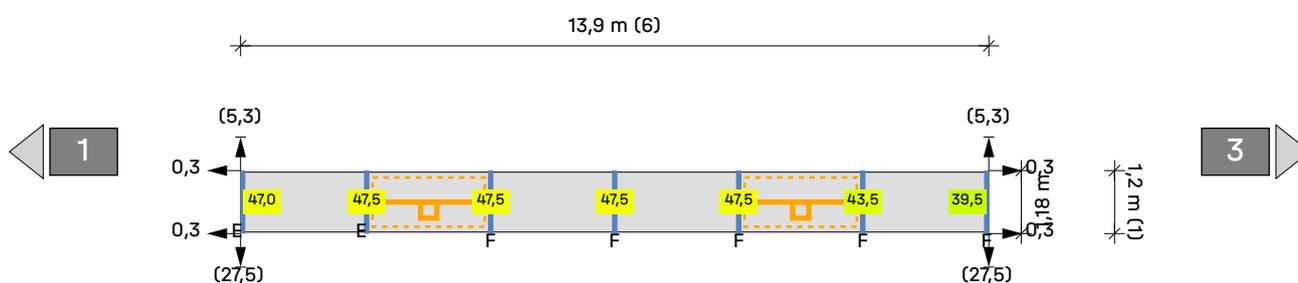
14(7.7 kWp) x
LR5-72HBD-550M

Distancia entre filas
service corridor

1,51 m
0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 1 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

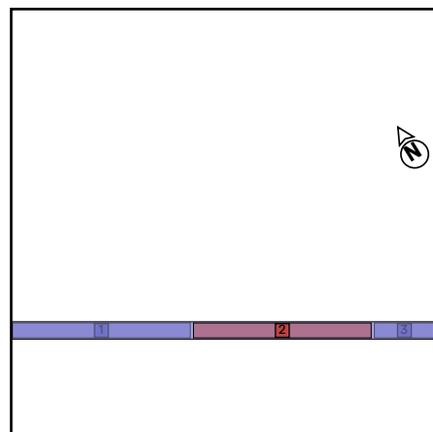
① Campo de módulos

2

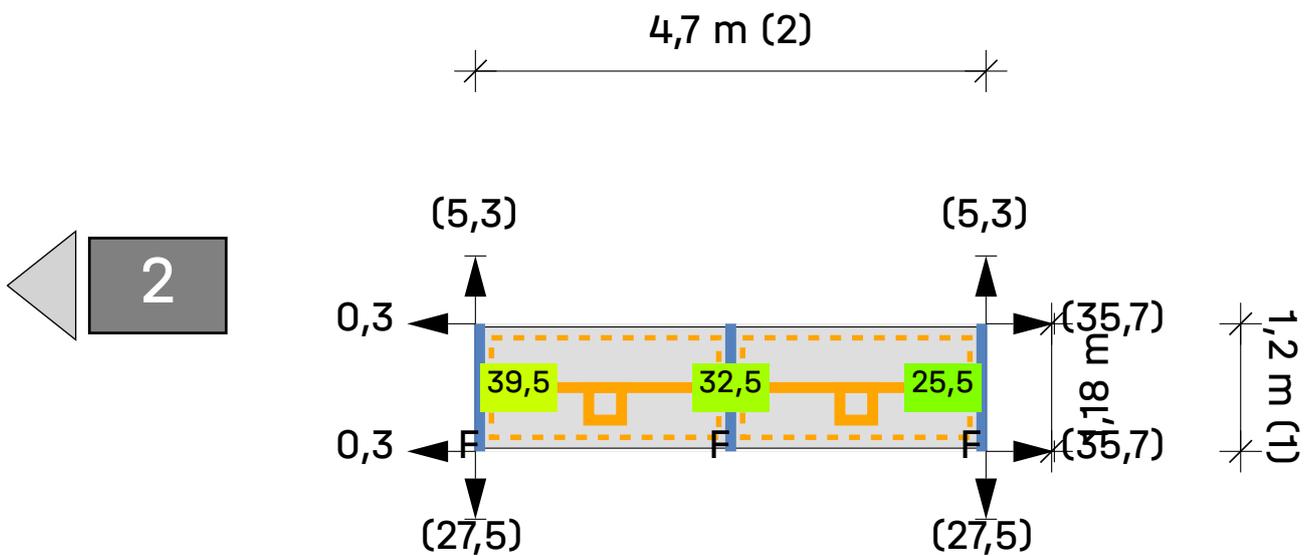
Módulos $6 \times 1 = 6$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 1 | Bloques de



Tejado ①

Campo de módulos

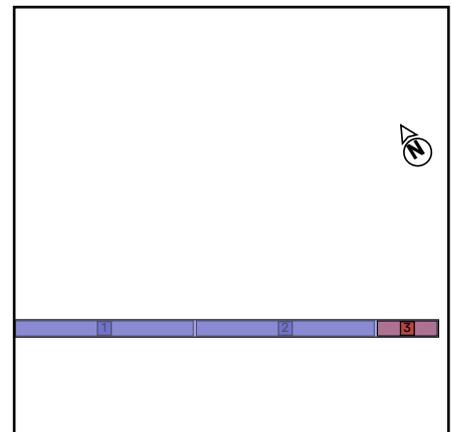
① Campo de módulos

3

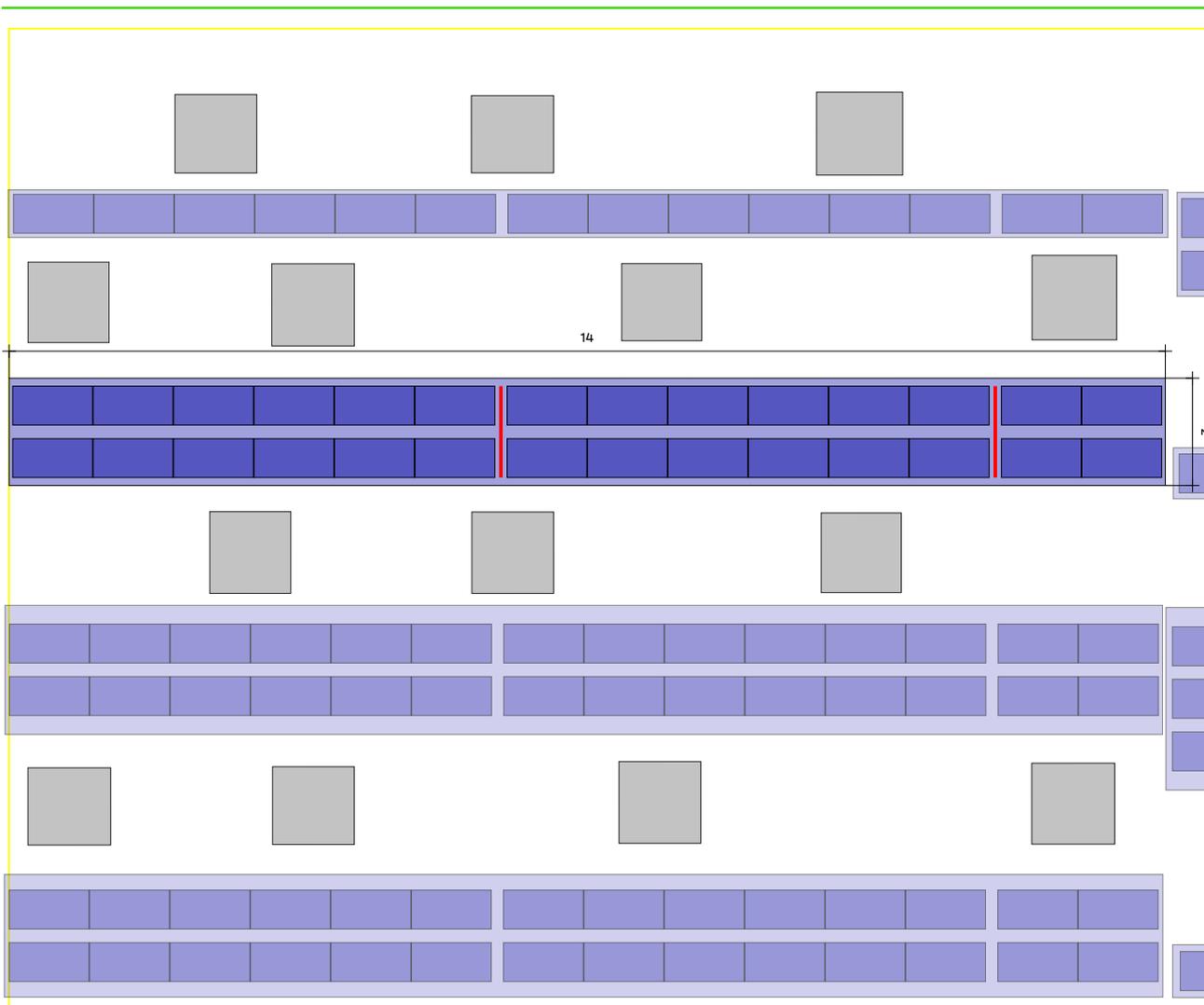
Módulos $2 \times 1 = 2$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Dist. al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero

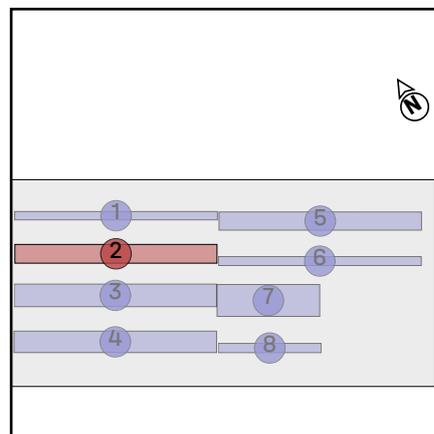


Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 2

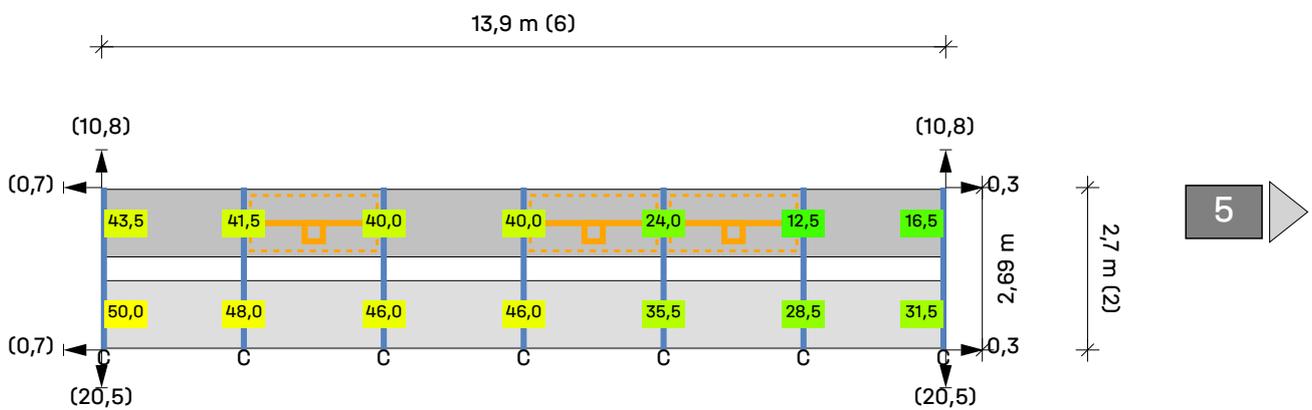


Tejado ① Campo de módulos ②

Sistema de montaje	S-Dome 6.10 Classic
Módulo	28(15.4 kWp) x LR5-72HBD-550M
Distancia entre filas service corridor	1,51 m
	0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 2 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

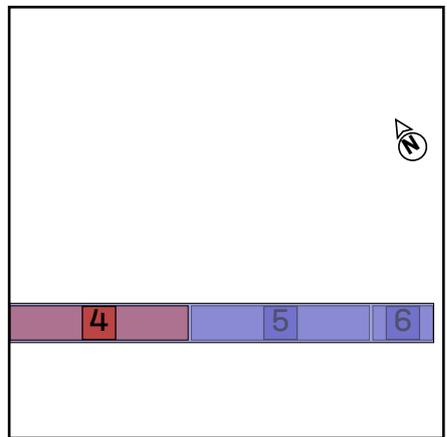
② Campo de módulos

4

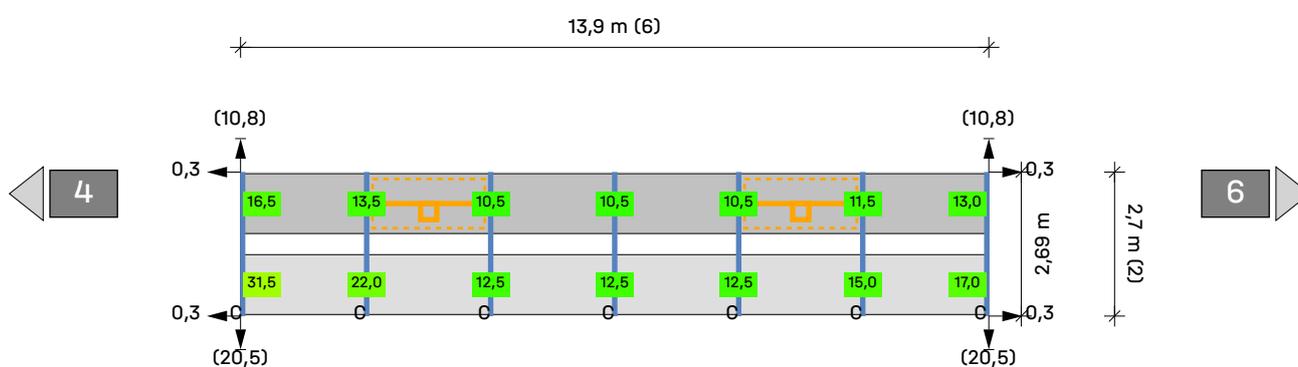
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- ◀ Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- ▭ Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- 25 Lastre en kilogramo (kg)
- ▭ Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 2 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

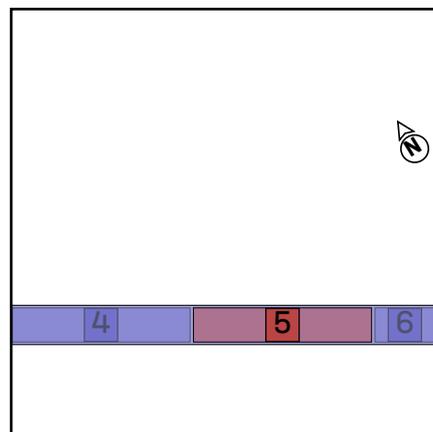
② Campo de módulos

5

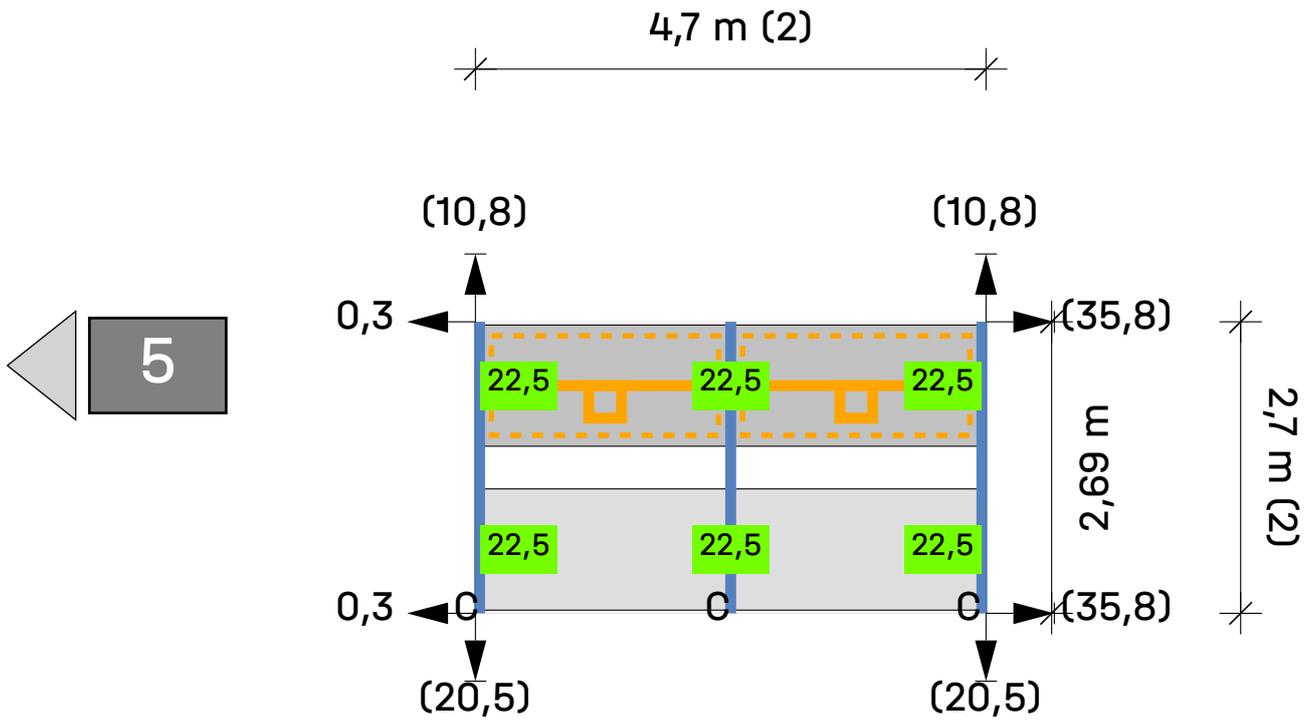
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 2 | Bloques de

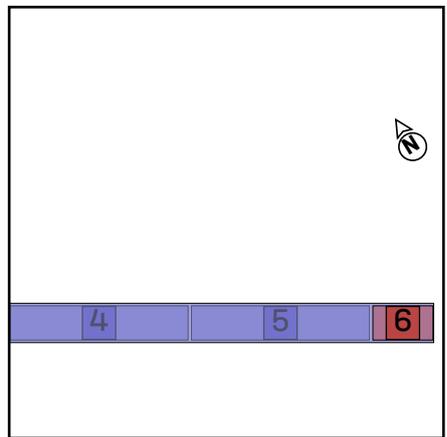


Tejado ① Campo de módulos ② Campo de módulos ⑥

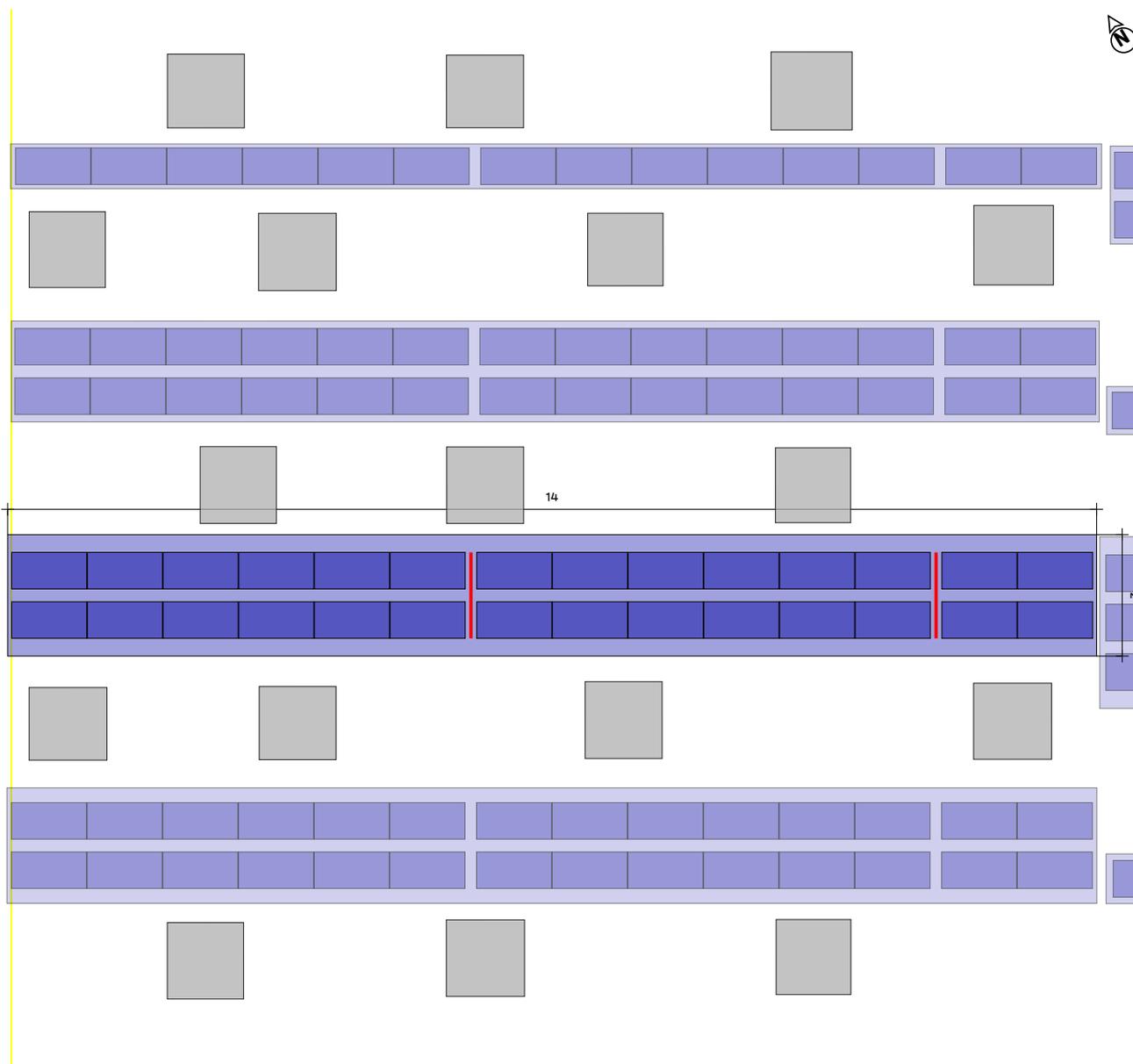
Módulos $2 \times 2 = 4$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero

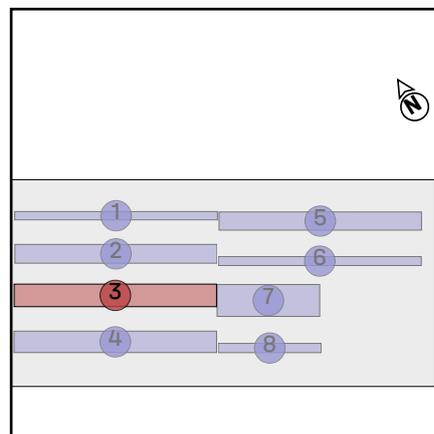


Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 3

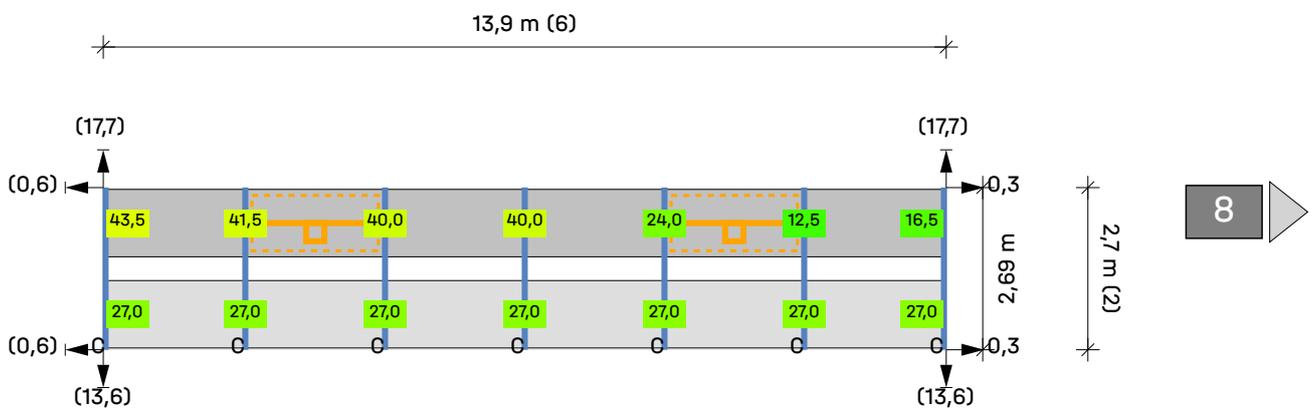


Tejado ① Campo de módulos ③

Sistema de montaje	S-Dome 6.10 Classic
Módulo	28(15.4 kWp) x LR5-72HBD-550M
Distancia entre filas service corridor	1,51 m
	0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 3 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

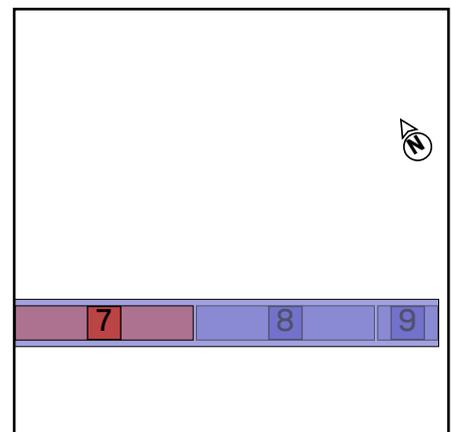
③ Campo de módulos

7

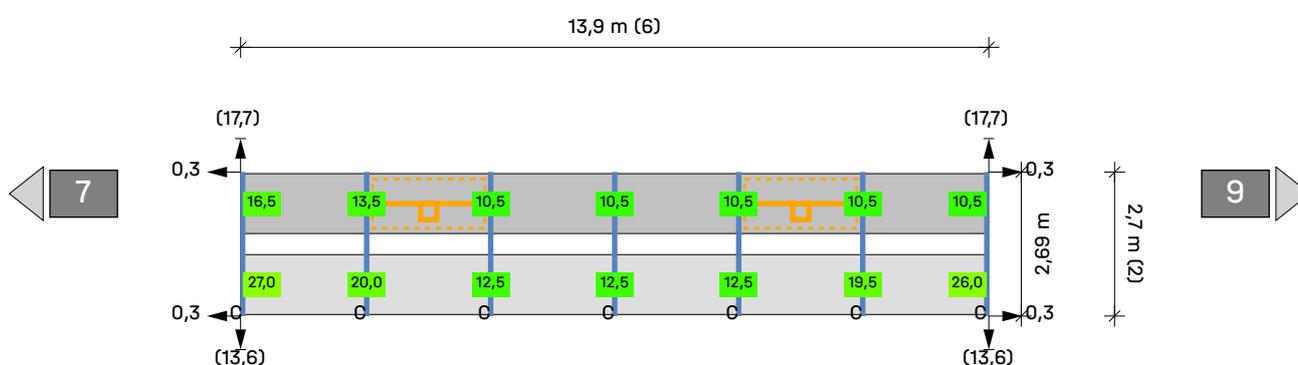
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 3 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

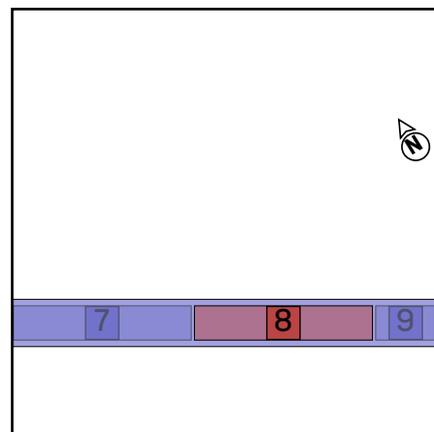
③ Campo de módulos

8

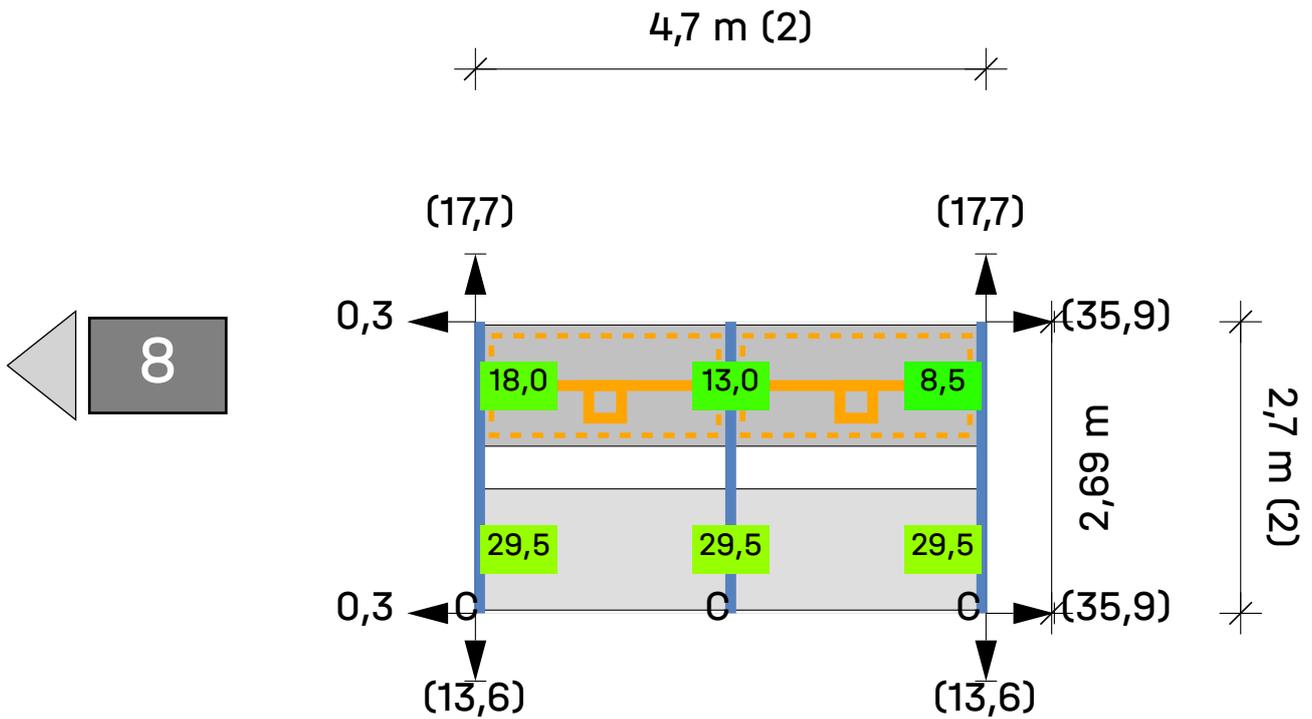
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 3 | Bloques de

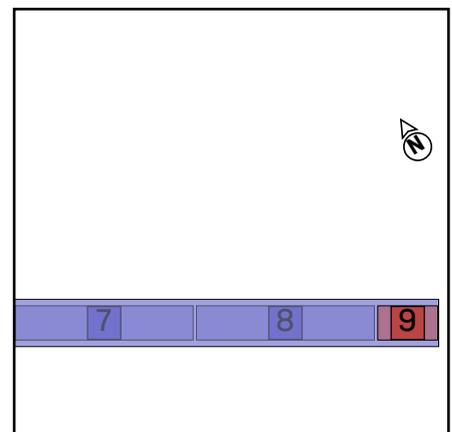


Tejado ① Campo de módulos ③ Campo de módulos ⑨

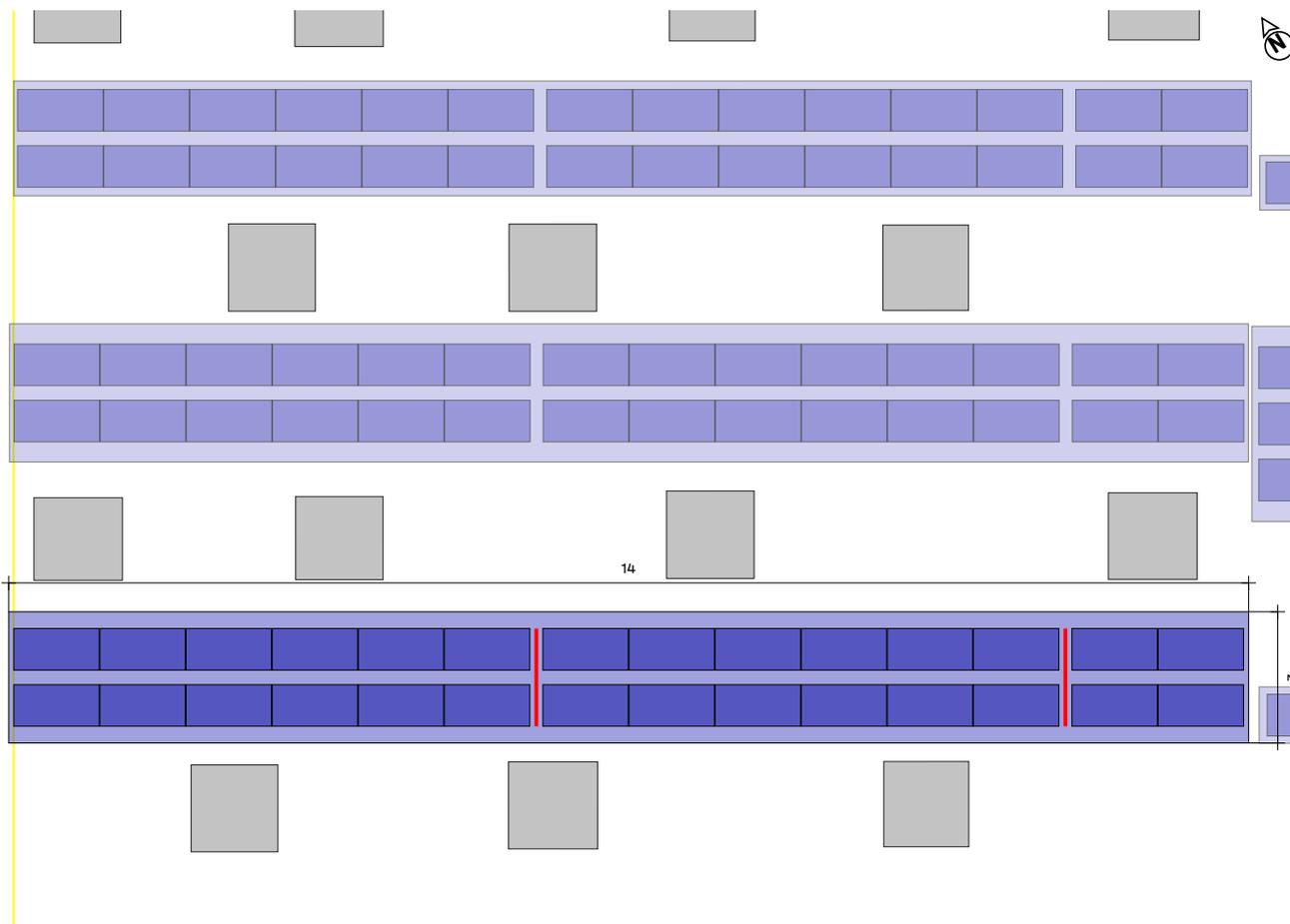
Módulos $2 \times 2 = 4$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero

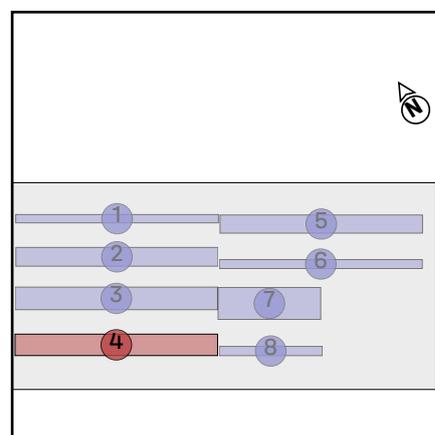


Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 4

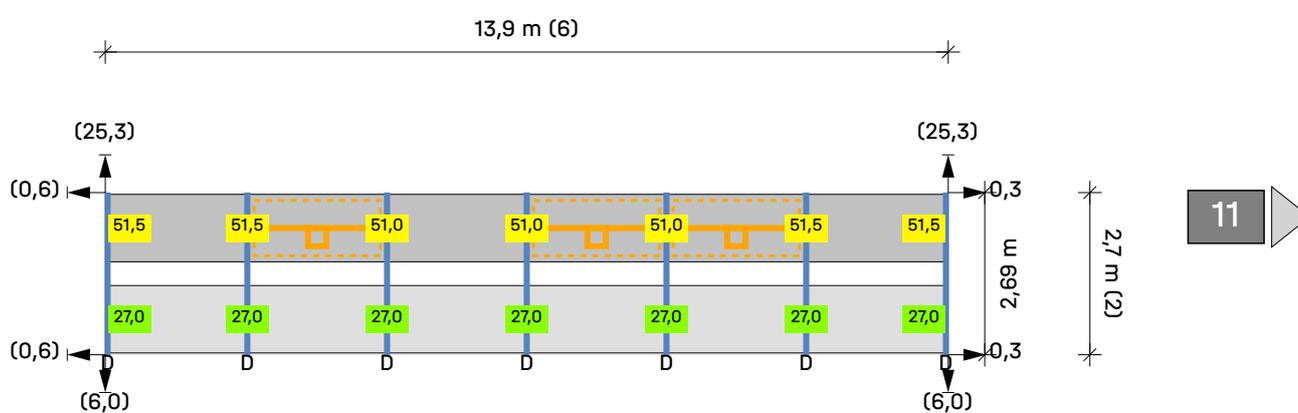


Tejado ① Campo de módulos ④

Sistema de montaje	S-Dome 6.10 Classic
Módulo	28(15.4 kWp) x LR5-72HBD-550M
Distancia entre filas service corridor	1,51 m
	0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 4 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

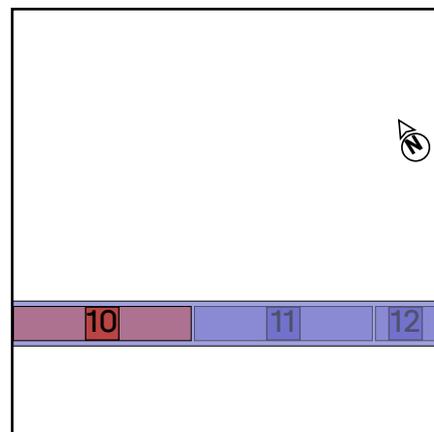
④ Campo de módulos

10

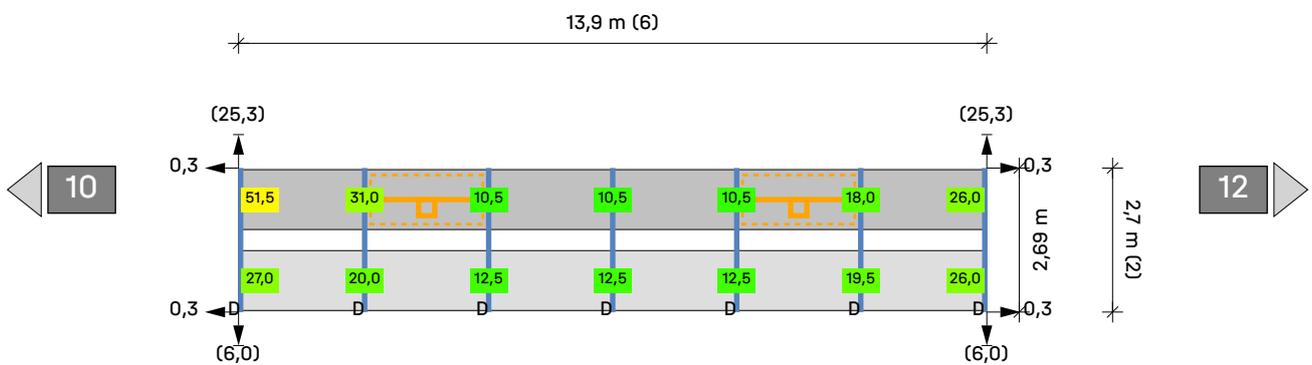
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 4 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

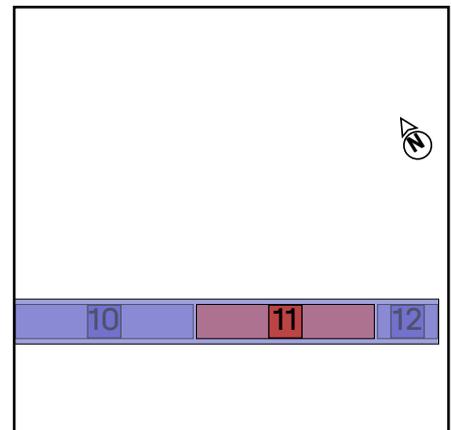
④ Campo de módulos

11

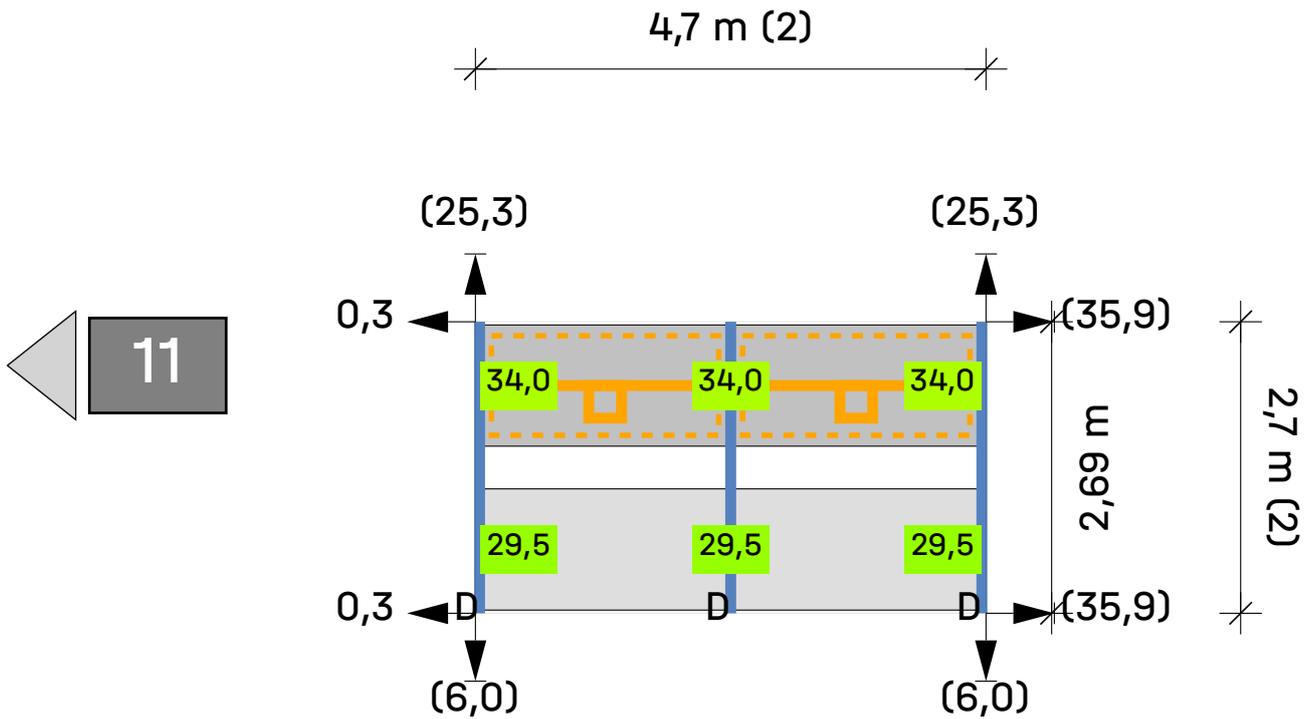
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 4 | Bloques de

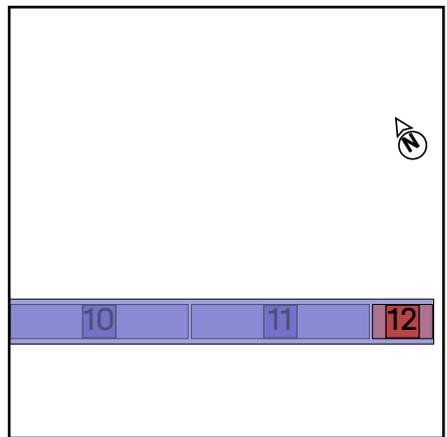


Tejado ① Campo de módulos ④ Campo de módulos 12

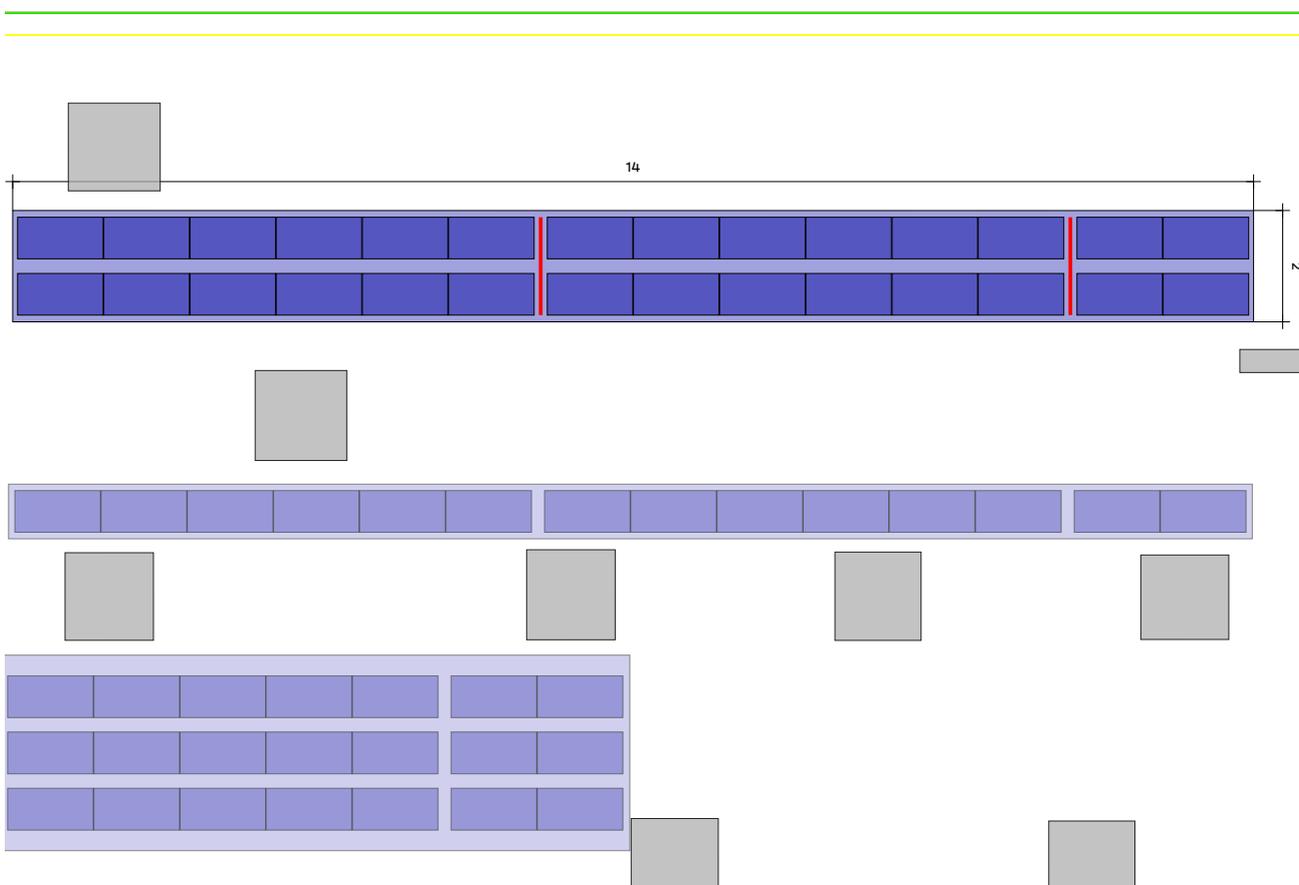
Módulos $2 \times 2 = 4$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero

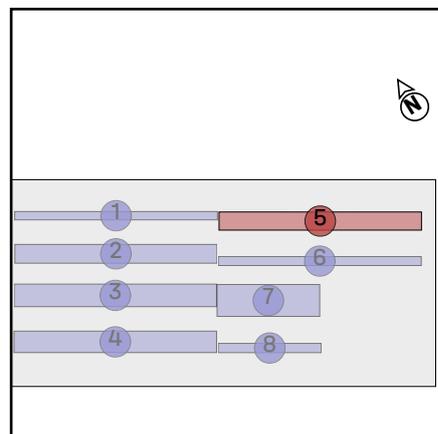


Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 5

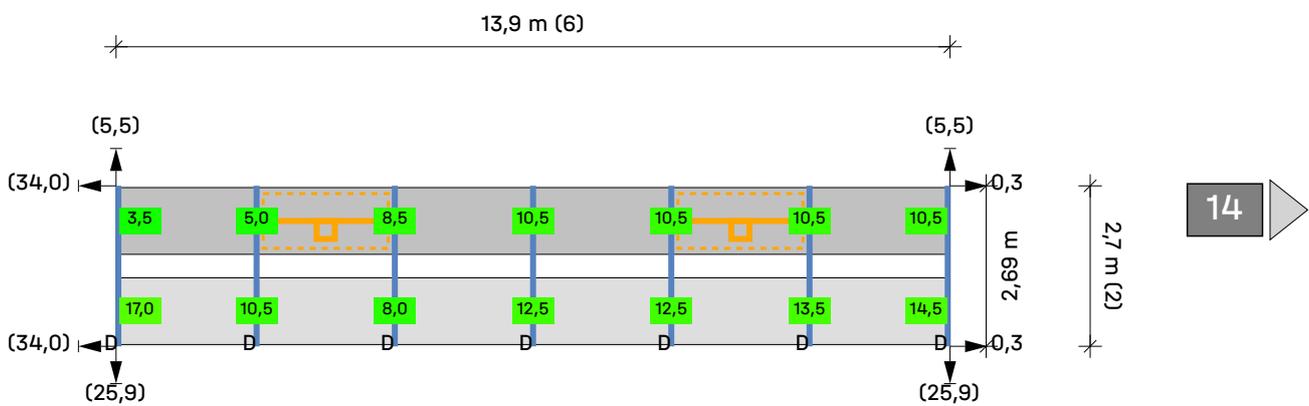


Tejado ① Campo de módulos ⑤

Sistema de montaje	S-Dome 6.10 Classic
Módulo	28(15.4 kWp) x LR5-72HBD-550M
Distancia entre filas service corridor	1,51 m
	0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 5 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

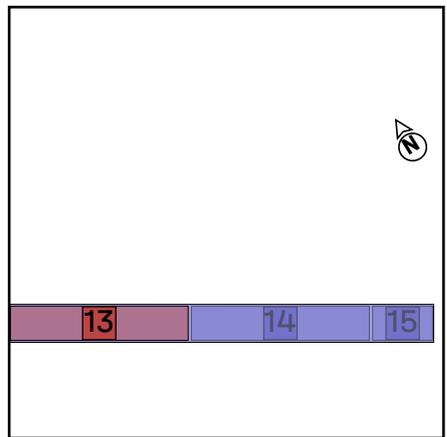
⑤ Campo de módulos

13

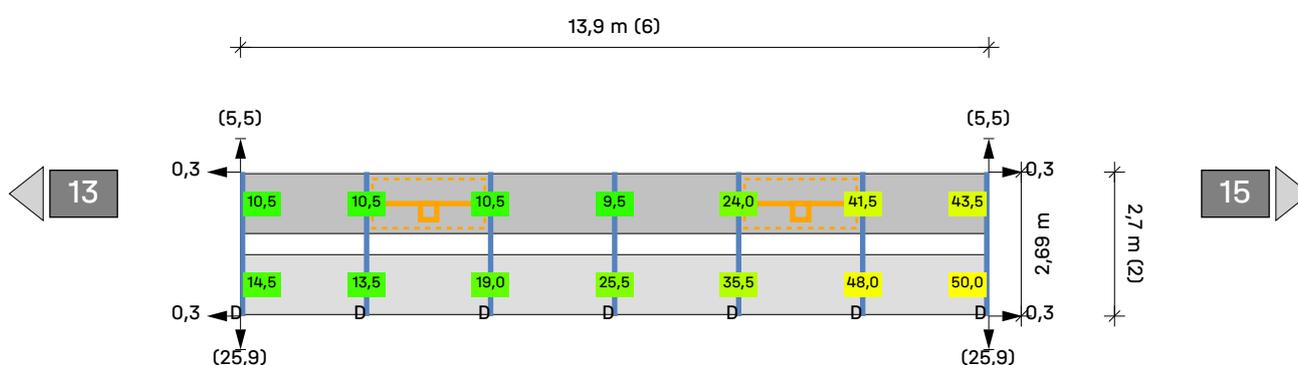
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- 25 Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 5 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

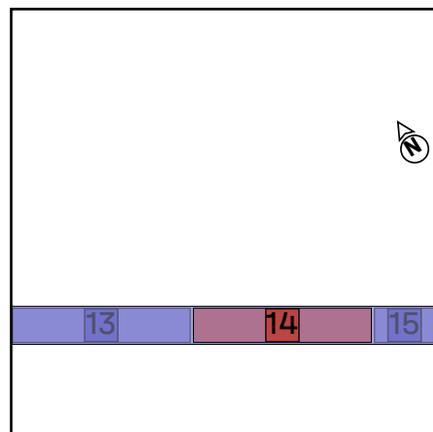
⑤ Campo de módulos

14

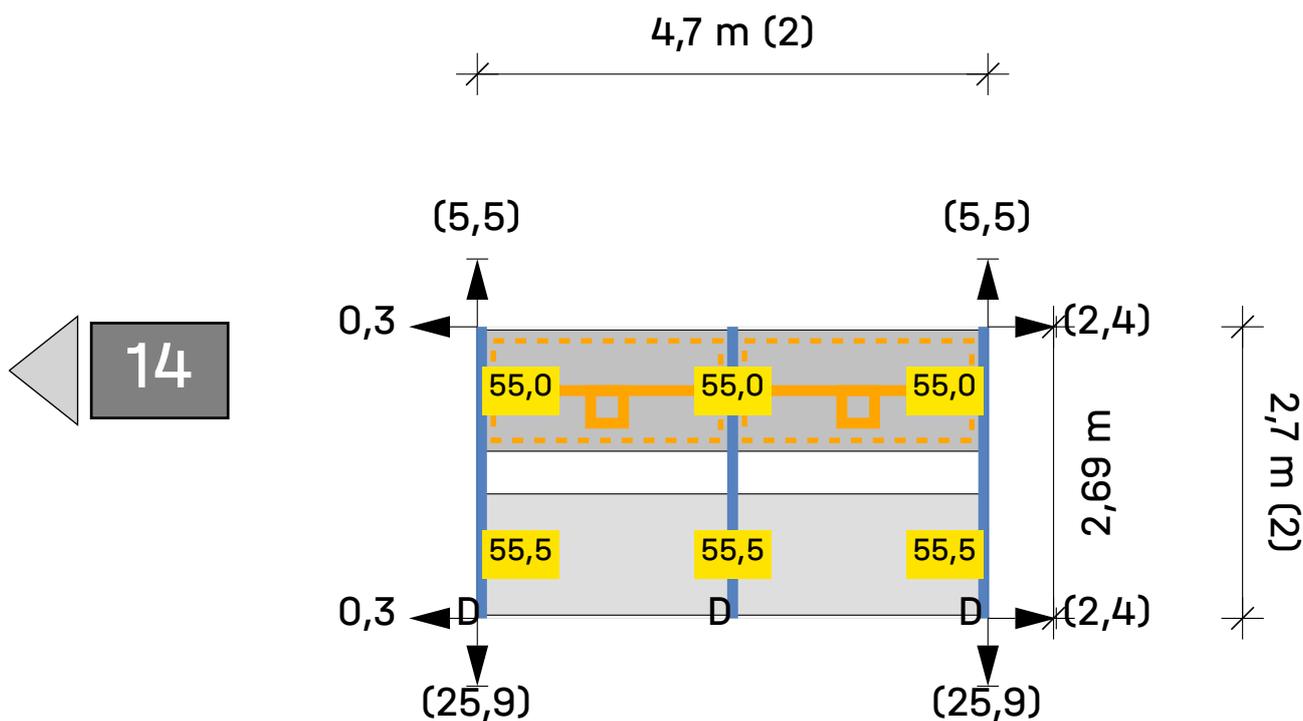
Módulos $6 \times 2 = 12$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 5 | Bloques de

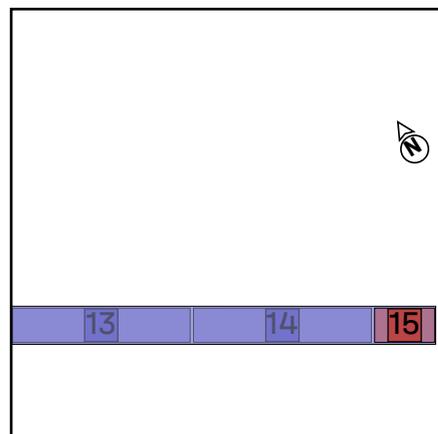


Tejado ① Campo de módulos ⑤ Campo de módulos 15

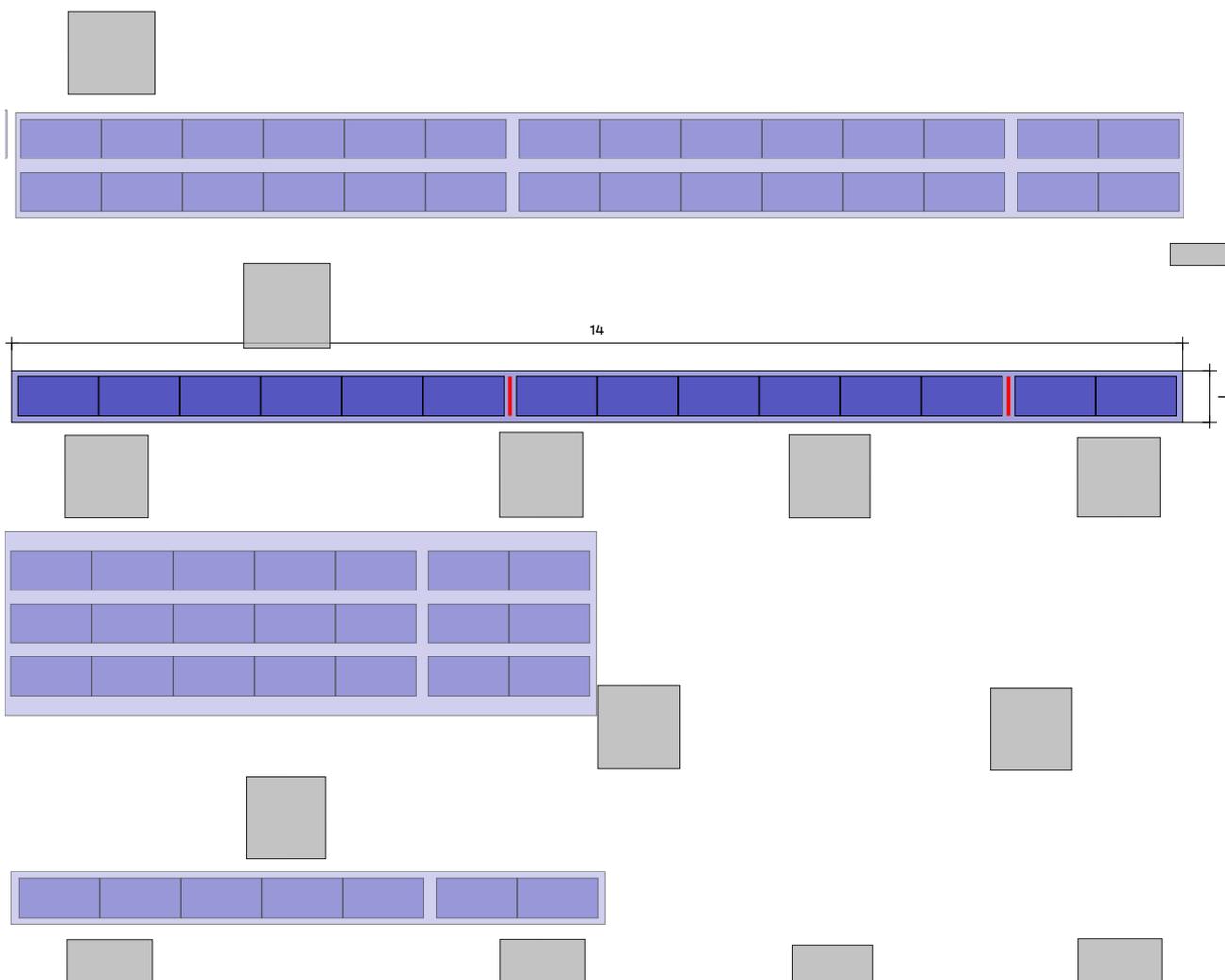
Módulos $2 \times 2 = 4$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 6



Tejado ① Campo de módulos ⑥

Sistema de montaje

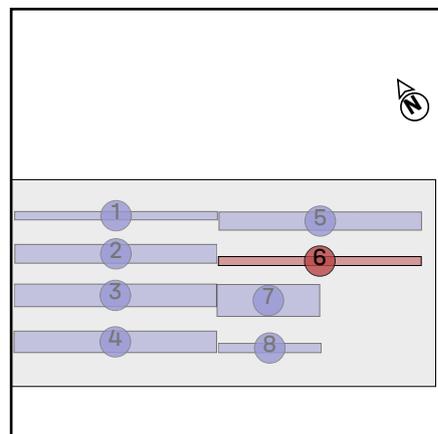
[S-Dome 6.10 Classic](#)

Módulo

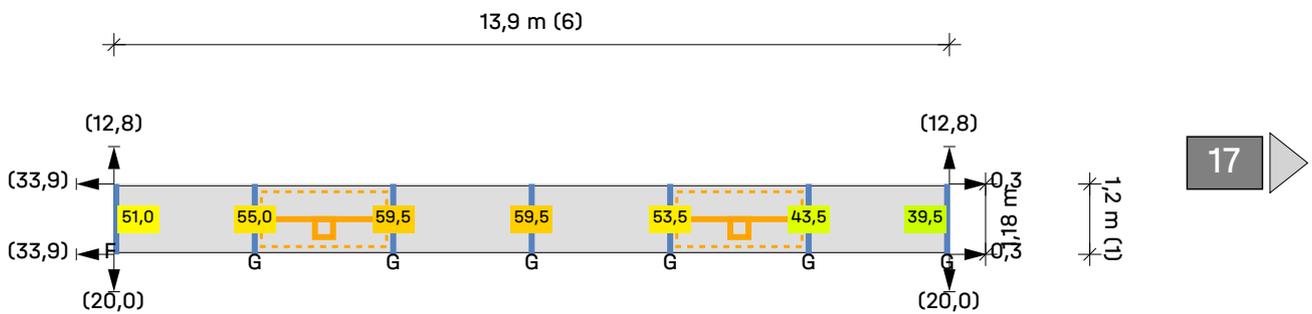
14(7.7 kWp) x
LR5-72HBD-550M

Distancia entre filas
service corridor

1,51 m
0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 6 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

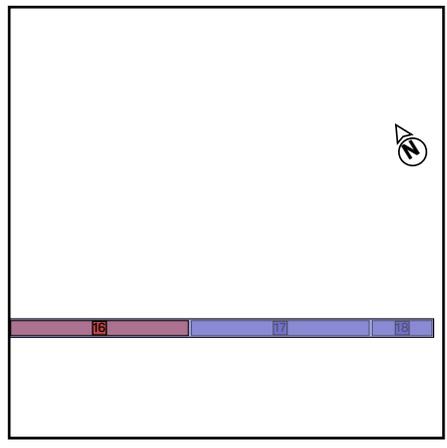
⑥ Campo de módulos

16

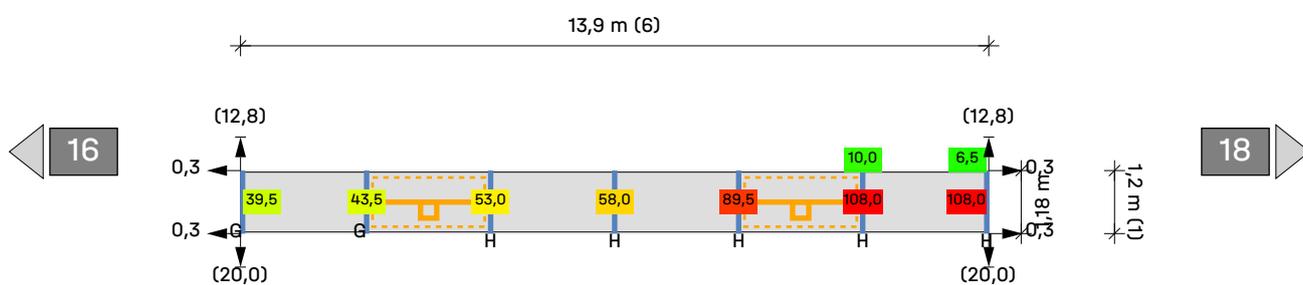
Módulos 6 x 1 = 6

Leyenda

- ◀ [Grey Box] Indicador de bloque siguiente
- [Blue Line] Carril de montaje
- [Dashed Box] Distancia entre filas [m]
- [Arrow] Distancia al borde del techo [m]
- [Arrow] Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- [Dashed Box] Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- [Yellow Box] 25 Lastre en kilogramo (kg)
- [Grey Box] Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 6 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

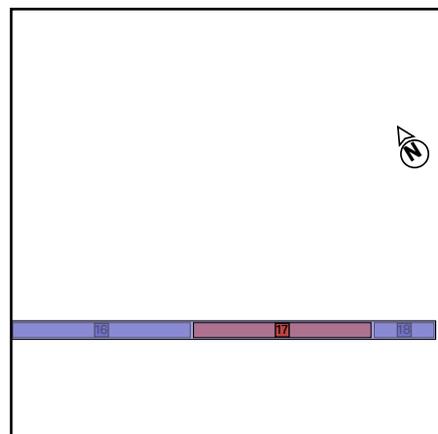
⑥ Campo de módulos

17

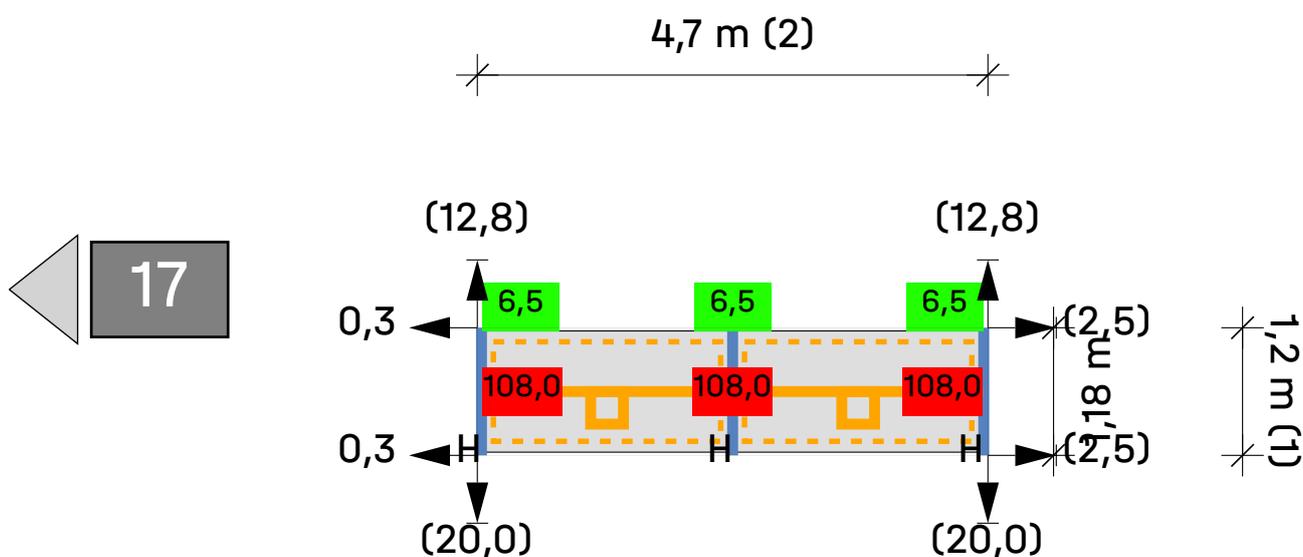
Módulos $6 \times 1 = 6$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Dist. al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 6 | Bloques de

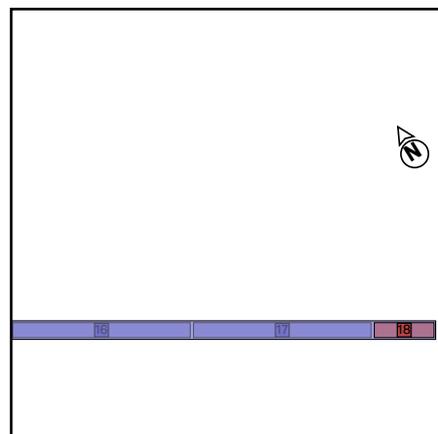


Tejado ① Campo de módulos ⑥ Campo de módulos 18

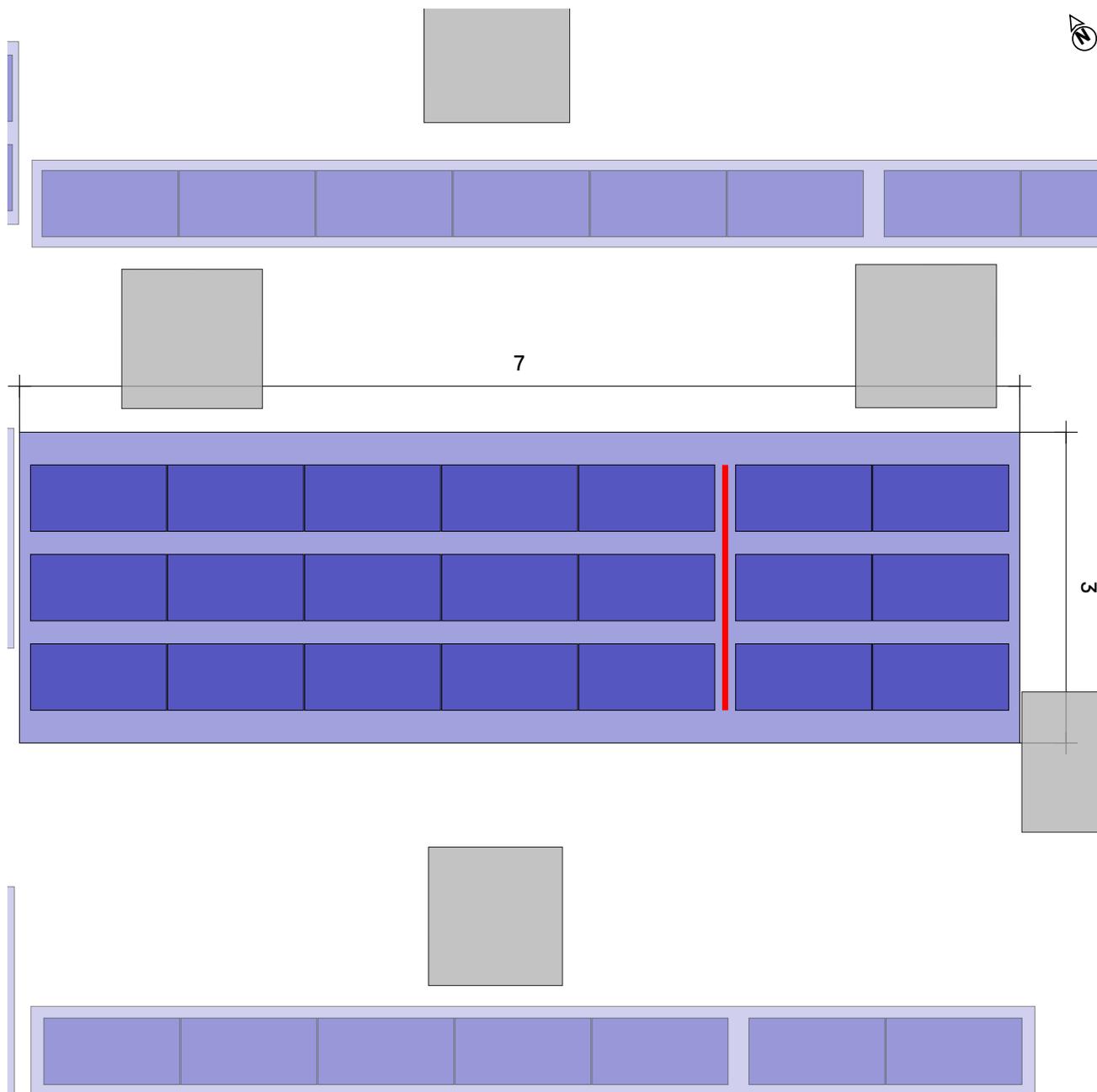
Módulos $2 \times 1 = 2$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero

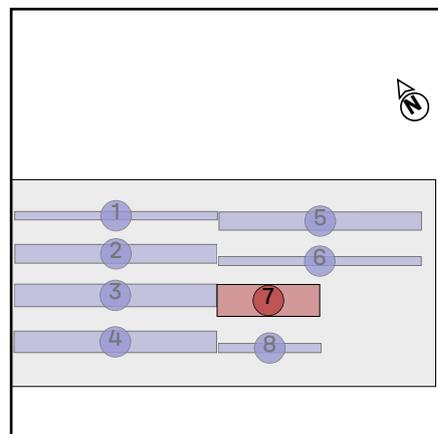


Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 7

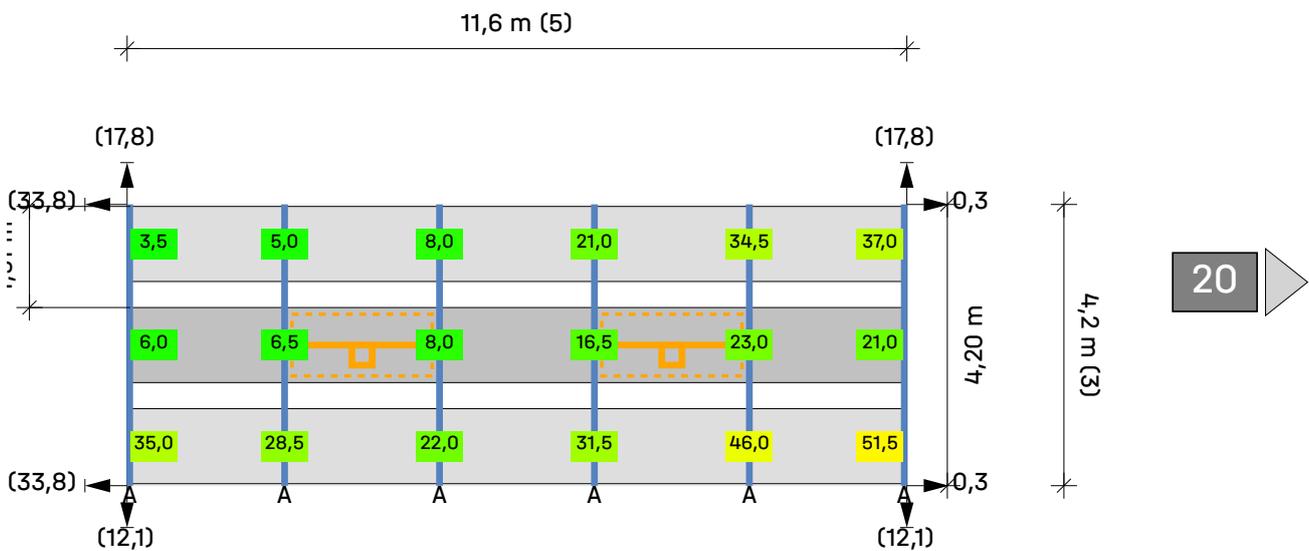


Tejado ① Campo de módulos ⑦

Sistema de montaje	S-Dome 6.10 Classic
Módulo	21(11.55 kWp) x LR5-72HBD-550M
Distancia entre filas service corridor	1,51 m
	0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 7 | Bloques de

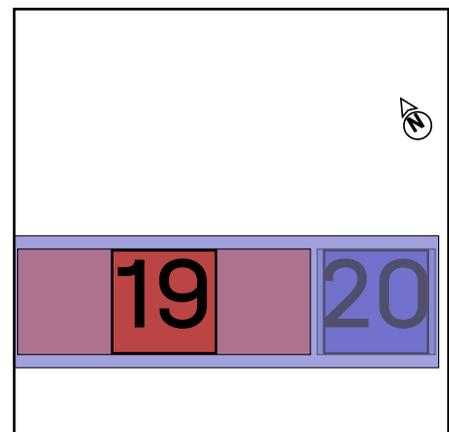


Tejado ① Campo de módulos ⑦ Campo de módulos 19

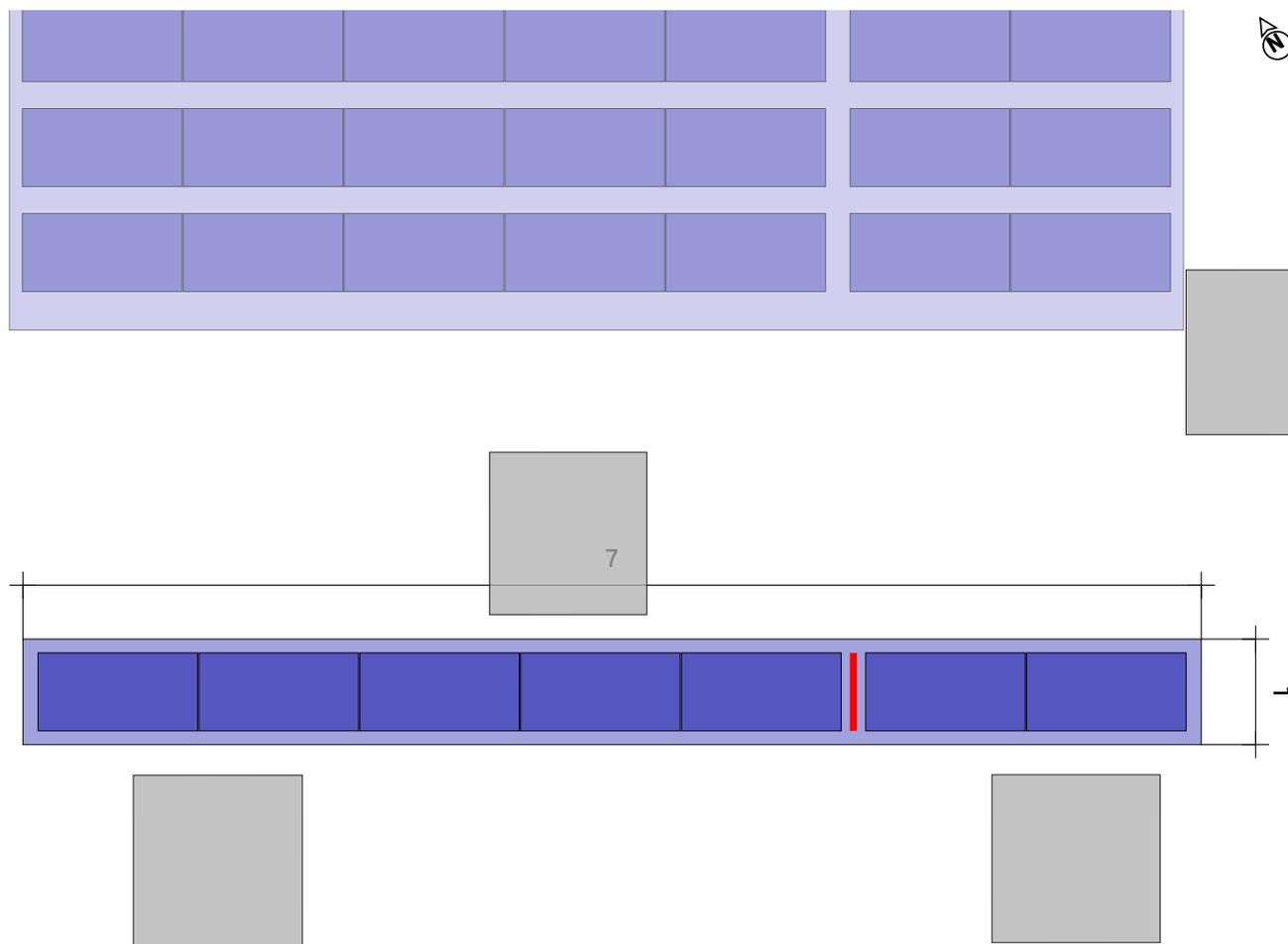
Módulos $5 \times 3 = 15$

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero

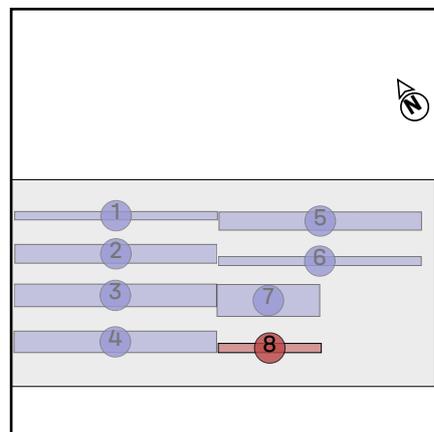


Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 8

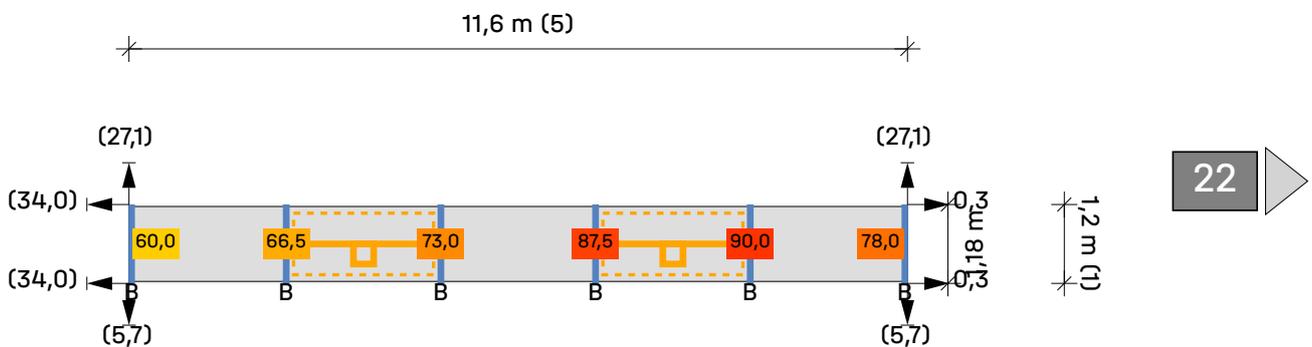


Tejado ① Campo de módulos ⑧

Sistema de montaje [S-Dome 6.10 Classic](#)
 Módulo 7(3.85 kWp) x LR5-72HBD-550M
 Distancia entre filas 1,51 m
 service corredor 0,39 m



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 8 | Bloques de

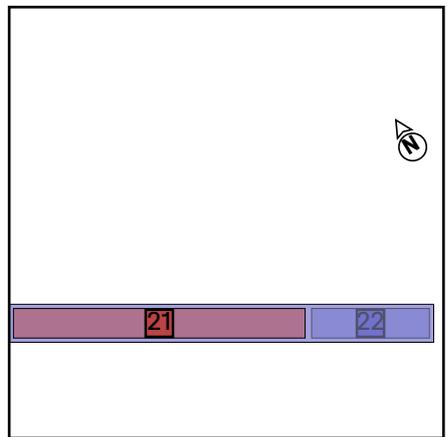


Tejado ① Campo de módulos ⑧ Campo de módulos 21

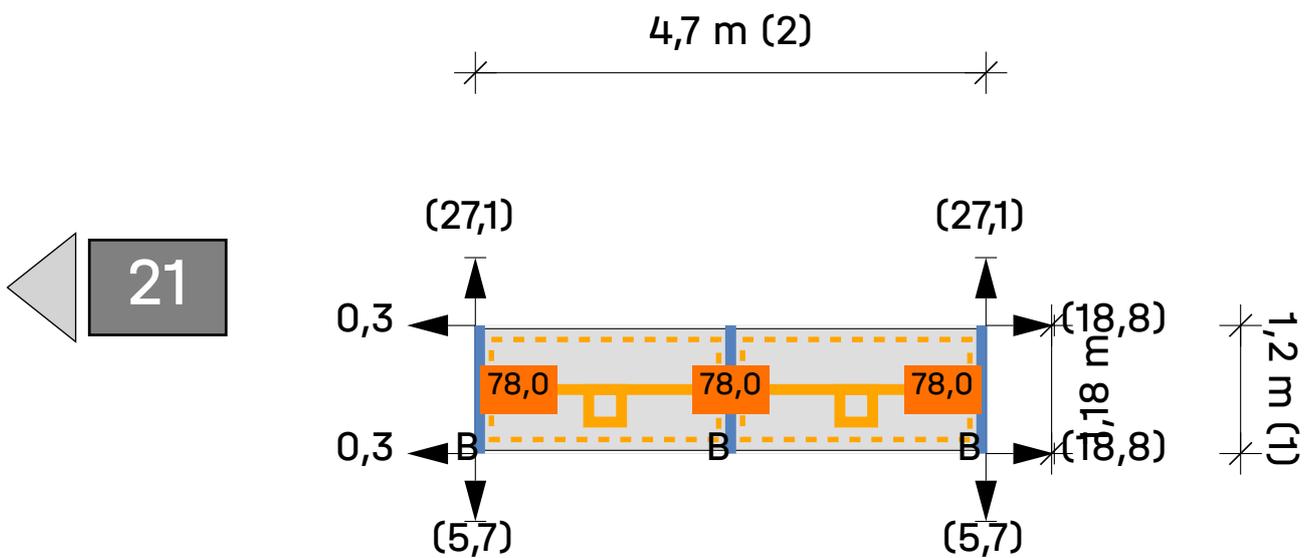
Módulos 5 × 1 = 5

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Distancia al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Tejados | Tejado 1 | Campo de módulos 8 | Bloques de



Tejado ① Campo de módulos

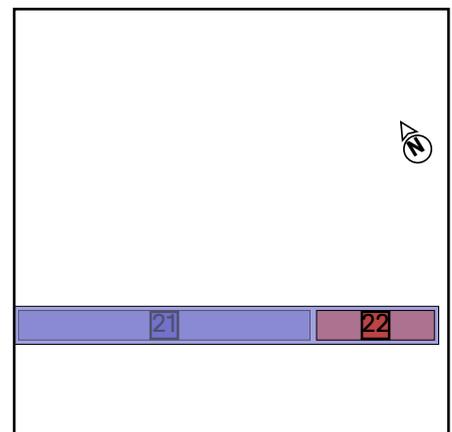
⑧ Campo de módulos

22

Módulos 2 x 1 = 2

Leyenda

- Indicador de bloque siguiente
- Carril de montaje
- Distancia entre filas [m]
- Dist. al borde del techo [m]
- Dist. al bloque/matriz del módulo vecino [m]
- Domo FixPro y anclaje de techo, área de montaje
- 25 Lastre en kilogramo (kg)
- Lastre de portero



Resultados | Tejado 1

Tejado	Sistema	Módulo	Energía	Número de piezas	Rendimiento global
Tejado 1	S-Dome 6.10 Classic	LR5-72HBD-550M	550 Wp	168	92.4 kWp



Módulo

Nombre	LR5-72HBD-550M
Fabricante	Longi Solar
Rendimiento	550 Wp
Dimensiones	2.278×1.134×35 mm
Peso	32,6 kg
Inclinación del panel	8,6 °

Abrazaderas de módulo

Pletina de módulo	DomeClamp MC Set 30-50
Pletina final	DomeClamp EC Set 30-50

Capacidad de contrapeso

Speed Porter	108,0 kg
Porter	50,0 kg

Valores de resistencia de los anclajes

Anclaje	CW Lundberg
Capacidad de corte	2,43 kN
Capacidad de carga de tracción	0,70 kN

Verificación de uso del sistema

Tipo	Presión	Succión
Verificación de uso del sistema	94,92%	93,76%
Cargas en los módulos (Verificación de seguridad estructural)	1,52 kN/m ²	-1,02 kN/m ²
Cargas en los módulos (Verificación de idoneidad de uso)	1,14 kN/m ²	-0,71 kN/m ²

Resultados | Tejado 1

Cargas específicas

Campo de módulos	Número de módulos	Contrapeso [kg]	Peso neto [kg]	Área de bloque de módulo [m ²] (incluido corredor de servicio)	Carga neta [kN/m ²]	Carga muerta (superficie del techo) [kN/m ²]
Bloquear 1	6	664,5	884,70	16,28	0,53	
Bloquear 2	6	320,0	540,20	16,28	0,33	
Bloquear 3	2	97,5	170,90	5,49	0,31	
Bloquear 4	12	503,5	943,90	37,20	0,25	
Bloquear 5	12	209,0	649,40	37,20	0,17	
Bloquear 6	4	135,0	281,80	12,54	0,22	
Bloquear 7	12	407,0	847,40	37,20	0,22	
Bloquear 8	12	212,5	652,90	37,20	0,17	
Bloquear 9	4	128,0	274,80	12,54	0,21	
Bloquear 10	12	548,0	988,40	37,20	0,26	
Bloquear 11	12	288,0	728,40	37,20	0,19	
Bloquear 12	4	190,5	337,30	12,54	0,26	
Bloquear 13	12	147,5	587,90	37,20	0,15	
Bloquear 14	12	356,0	796,40	37,20	0,21	
Bloquear 15	4	331,5	478,30	12,54	0,37	
Bloquear 16	6	361,5	581,70	16,28	0,35	
Bloquear 17	6	516,0	736,20	16,28	0,44	
Bloquear 18	2	343,5	416,90	5,49	0,75	
Bloquear 19	15	404,5	955,00	48,53	0,19	
Bloquear 20	6	360,0	580,20	19,60	0,29	
Bloquear 21	5	455,0	638,50	13,63	0,46	
Bloquear 22	2	234,0	307,40	5,51	0,55	
Total	168	7.213,0	13.378,60			0,06



Resultados | Tejado 1

Notas

- La prueba de la seguridad de la posición y de la capacidad de carga del sistema se lleva a cabo mediante la comprobación de los casos de carga de elevación y deslizamiento por el viento y mediante cálculos estáticos posteriores.
- Encontrará una versión corta del informe del túnel de viento y un certificado para los cálculos estáticos adicionales en nuestra página de inicio.
- Las normas de diseño corresponden a los fundamentos del diseño estructural: UNE-EN 1990:2010.
- Las cargas de nieve se determinan de acuerdo con la norma LST EN 1991-1-3: 2012.
- Las cargas de viento se determinan de acuerdo con la norma LST EN 1991-1-4: 2012.
- La vida útil fue determinada conforme a la norma DIN EN 1991: Acciones en estructuras, cargas de nieve, y la norma DIN EN 1991: Acciones en estructuras, acciones de viento.
- La categoría de daños fue determinada conforme a la norma DIN EN 1990: Bases del diseño estructural.
- Los datos y resultados tienen que ser verificados in situ en cuanto a las condiciones y comprobados por una persona con la cualificación técnica suficiente. Por favor, tenga en cuenta nuestras <http://k2-systems.com/es/base-cgu> condiciones generales de uso (CGU) disponibles, especialmente el Art. 2 ("Condiciones técnicas y profesionales en las instalaciones del cliente"), Art. 7 ("Exclusión de garantías") y Art. 8 ("Exclusión de responsabilidad").
- Los anclajes no forman parte de los productos K2 y deben adquirirse por separado del fabricante correspondiente.

Informe de análisis estructural | Tejado 1

Información general

Nombre	Instalacion Fotovoltaica TAB SPAIN SL
Sistema de montaje	S-Dome 6.10 Classic
Autor	Joseph Andres Gil Betancur

Información sobre la ubicación

Habla a	Carrer Llobateres, 28, 08210 Barberà del Vallès, Barcelona, España
Elevación de terreno	145,00 m

Información del techo

Altura de edificio	15,00 m
Tipo de tejado	Tejado plano
Pendiente de la cubierta	2°
Método de fijación	Contrapeso
Cubierta	Plana
Distancia mínima al borde	0,60 m
Altura pretil	1,10 m
Material	Betún
Coefficiente de fricción	0.6

El coeficiente de fricción indicado aquí debe comprobarse en el lugar de montaje. Si el valor obtenido es inferior, este deberá especificarse aquí para el cálculo del contrapeso.

Cargas

Código de Diseño	UNE EN
Categoría de daños	CC1
Vida útil	25 años
Categoría de terreno	IV - Zonas urbanas

Carga de viento

Zona de carga de viento	3
Presión de velocidad	$q_{p,50} = 0,759 \text{ kN/m}^2$
Factor de ajuste de la vida útil	$f_w = 0,921$
Presión de velocidad	$q_{p,25} = 0,699 \text{ kN/m}^2$

Informe de análisis estructural | Tejado 1

Carga de nieve

Entorno	Terreno ordinario
Rejilla de nieve	No
Carga de nieve en suelo	$s_k = 0,473 \text{ kN/m}^2$
Coefficiente de forma para nieve	$\mu_i = 0,800$
Factor de inclinación del tejado	$d_i = 0,999$
Carga de nieve en el tejado	$s_{i,50} = 0,378 \text{ kN/m}^2$
Factor de ajuste de la vida útil	$f_s = 0,929$
Carga de nieve en el tejado	$s_{i,25} = 0,351 \text{ kN/m}^2$

Carga neta

Peso del módulo	$G_M = 32,6 \text{ kg}$
Peso del sistema de montaje por módulo	$= 4,1 \text{ kg}$
Superficie de módulo	$A_M = 2,58 \text{ m}^2$
Peso muerto del módulo por m^2	$= 12,62 \text{ kg/m}^2$
Peso propio del sistema de montaje por m^2	$= 1,59 \text{ kg/m}^2$
Carga muerta total (sin lastre) por m^2	$= 0,14 \text{ kN/m}^2$

Combinaciones de carga

Capacidad de carga

Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente desfavorable (STR)	$\gamma_{G,sup} = 1,35$
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente favorable (STR)	$\gamma_{G,inf} = 1,00$
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente desestabilizadora (EQU)	$\gamma_{G,dst} = 1,10$
Coefficiente parcial de seguridad para carga permanente estabilizadora (EQU)	$\gamma_{G,stab} = 0,90$
Coefficiente parcial de seguridad para primera carga variable	$\gamma_Q = 1,50$
Coefficiente parcial de seguridad para n cargas variables	$\gamma_Q = 1,50$
Coefficiente de combinación para viento	$\psi_{0,w} = 0,60$
Coefficiente de combinación para viento (otras acciones variables)	$\psi_{1,w} = 0,20$
Coefficiente de combinación para nieve	$\psi_{0,s} = 0,50$
Factor de importancia permanente	$\kappa_{Fl,G} = 0,90$
Factor de importancia variable	$\kappa_{Fl,Q} = 0,85$
Peso muerto característico	G_k
Carga de nieve característica en el techo	$S_{i,n}$
Carga de viento característica	W_k
Combinación de caso de carga 01	$E_d = \gamma_{G,sup} * \kappa_{Fl,G} * G_k + \gamma_Q * \kappa_{Fl,Q} * S_{i,n}$

Informe de análisis estructural | Tejado 1

Combinación de caso de carga 02	$E_d = Y_{G,sup} * K_{FL,G} * G_k + Y_Q * K_{FL,Q} * W_{k,Pressure}$
Combinación de caso de carga 03	$E_d = Y_{G,sup} * K_{FL,G} * G_k + Y_Q * K_{FL,Q} * (W_{k,Pressure} + \psi_{0,S} * S_{i,n})$
Combinación de caso de carga 04	$E_d = Y_{G,sup} * K_{FL,G} * G_k + Y_Q * K_{FL,Q} * (S_{i,n} + \psi_{0,W} * W_{k,Pressure})$
Combinación de caso de carga 06	$E_d = Y_{G,inf} * G_k + Y_Q * K_{FL,Q} * W_{k,Uplift}$

Posición de seguridad

Verificación de elevación	$E_d = Y_{G,stb} * G_k + Y_Q * K_{FL,Q} * W_{k,n,Uplift}$
Verificación del desplazamiento	$E_d = Y_{G,stb} * G_k + Y_Q * K_{FL,Q} * W_{k,n,Displacement}$

Idoneidad de uso

Coeficiente de combinación para viento	$\psi_{0,w} = 0,60$
Coeficiente de combinación para nieve	$\psi_{0,S} = 0,50$

Combinación de caso de carga 01	$E_d = G_k + S_{i,n}$
Combinación de caso de carga 02	$E_d = G_k + W_{k,Pressure}$
Combinación de caso de carga 03	$E_d = G_k + W_{k,Pressure} + \psi_{0,S} * S_{i,n}$
Combinación de caso de carga 04	$E_d = G_k + S_{i,n} + \psi_{0,W} * W_{k,Pressure}$
Combinación de caso de carga 06	$E_d = G_k + W_{k,Uplift}$

Presión máxima sobre el aislamiento

Información general

Peso propio del sistema	$g_{System} = 0,14 \text{ kN/m}^2$
coeficiente aerodinámico	$C_{p,Pressure} = 0,20$

Distribución de la carga debajo de la estera de protección del edificio debajo del Pico (45°)

Dimensiones	$380,0 \times 75,3 \times 27,6 \text{ mm}$
	$A_{eff} = 28.614,00 \text{ mm}^2$
	$A_{load \text{ range area}} = 1,29 \text{ m}^2$
contrapeso máximo	$G_{ballast \text{ required}} = 84,8 \text{ kg}$

Distribución de carga debajo de la estera de protección del edificio bajo SD (45°)

Dimensiones	$380,0 \times 75,3 \times 27,6 \text{ mm}$
	$A_{eff} = 28.614,00 \text{ mm}^2$
	$A_{load \text{ range area}} = 1,29 \text{ m}^2$
contrapeso máximo	$G_{ballast \text{ required}} = 36,7 \text{ kg}$

Informe de análisis estructural | Tejado 1

Combinaciones de carga

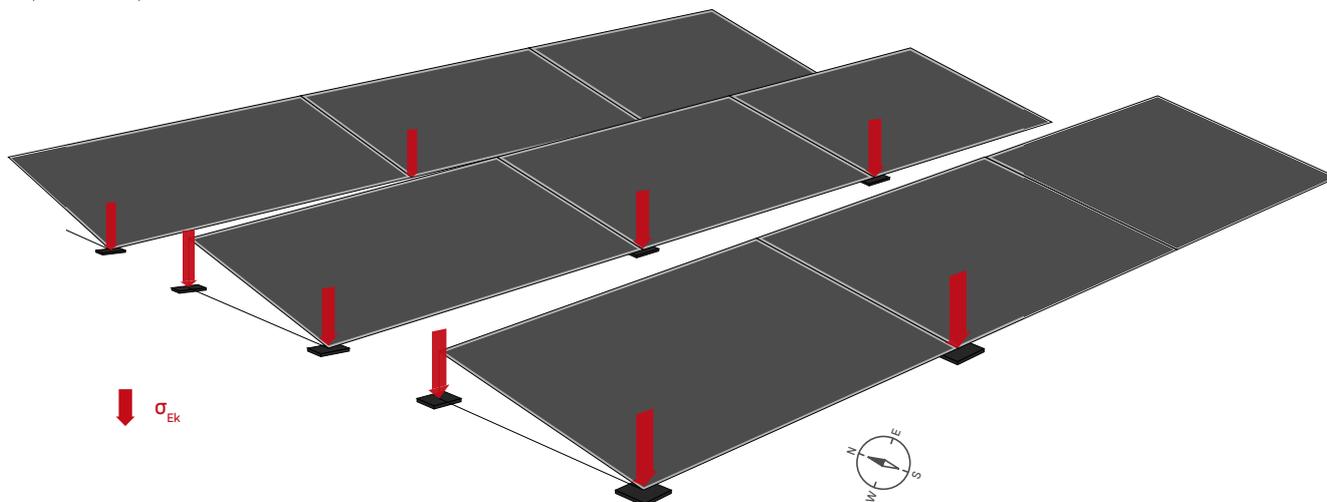
	$\sigma_{Ek,heat\ insulation,S6_10Eco}$ [Pa]	$\sigma_{Ek,heat\ insulation,SD}$ [Pa]
Combinación de caso de carga 00	35.345	18.874
Combinación de caso de carga 01	51.016	34.545
Combinación de caso de carga 02	41.654	25.183
Combinación de caso de carga 03	49.489	33.018
Combinación de caso de carga 04	54.801	38.330

Efectos de cargas muertas (sistema fotovoltaico + balasto)

$\sigma_{Ek,heat\ insulation,S6_10Eco}$ $\sigma_{Ek} = 35.345\ Pa$
 $\sigma_{Ek,heat\ insulation,SD}$ $\sigma_{Ek} = 18.874\ Pa$

Acciones máximas (suma de cargas muertas y las acciones variables máximas de viento y nieve)

$\sigma_{Ek,heat\ insulation,S6_10Eco}$ $\max\ \sigma_{Ek} = 54.801\ Pa$
 $\sigma_{Ek,heat\ insulation,SD}$ $\max\ \sigma_{Ek} = 38.330\ Pa$



Informe de análisis estructural | Tejado 1

Cargas HV

According to wind tunnel report by I.F.I. Institut für Industrieaerodynamik GmbH

Información general

Número de módulos del área media	0
Número de módulos del área del borde	168
Número total de módulos	168
Área de tejado cubierto con módulos	A = ca. 582,45 m ²
Carga neta	g _{k, System incl. ballast} = 0,23 kN/m ²

Coeficientes aerodinámicos

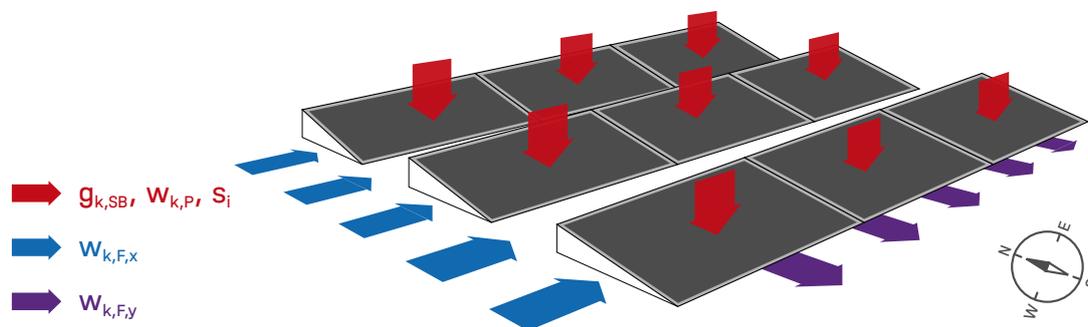
	C _{p, Pressure} = según EN 1991-1-4
	C _{F, x, average} _d = 0,01
	C _{F, y, averaged} = -0,03
Corrección de la distancia al borde	k _{S1xy} = 1,00
Pretil- coeficiente de corrección	k _p = 1,08
Factor altura del edificio	= 1,00

Presión horizontal

W_{k, F, x} = 0,007 kN/m²
 W_{k, F, y} = 0,034 kN/m²

Presión vertical

g_{k, System incl. ballast} = 0,23 kN/m²
 W_{k, Pressure} - según EN 1991-1-4
 S_i - según EN 1991-1-3



Comentario:

Las cargas de viento verticales del tejado plano dependen principalmente de su efecto de desplazamiento y se mantendrán iguales con un sistema fotovoltaico plano. Se recomienda utilizar los coeficientes aerodinámicos según DIN EN 1991-1-4 para el dimensionamiento de tejados planos.



Lista de artículos

Posición	No. de artículo	Descripción del artículo	Cantidad	Peso
1	2004125	Dome 6.10 Peak	206	61,8 kg
2	1001643	MK2	412	7,2 kg
3	2001729	Socket Head Bolt serrated M8×20	412	5,4 kg
4	2003243	Dome 6.10 SD	206	62,4 kg
5	2003126	Dome Mat S 380	412	151,6 kg
6	2004103	S-Dome 6.10 Windbreaker X-tra long	168	407,9 kg
7	2003427	Thread-forming metal screw 4,8×20	412	1,4 kg
8	2003241	K2 BasicRail 22; 5.50 m	52	183,9 kg
9	2002870	K2 Solar Cable Manager	168	0,5 kg
10	xxxxxxx	CW Lundberg	46	101,2 kg
11	2004144	FixPro L	46	184,0 kg
12	2002546	Adapter Plate M10	46	13,8 kg
13	2003146	Climber 36/50 M10	46	2,1 kg
14	2004141	Mat-S Tool	1	0,0 kg
15	2002558	DomeClamp MC Set 30-50	260	15,1 kg
16	2002559	DomeClamp EC Set 30-50	152	10,0 kg
17	2002300	Dome SpeedPorter	430	32,7 kg
Total				1.240,9 kg

Los anclajes no forman parte de los productos K2 y deben adquirirse por separado del fabricante correspondiente.



Gracias por elegir un sistema de montaje K2.

Los sistemas de K2 Systems son rápidos y fáciles de instalar. Esperamos que estas instrucciones le hayan servido de ayuda. Póngase en contacto con nosotros si tiene alguna pregunta o sugerencia de mejora.

Nuestros datos de contacto:

k2-systems.com/en/contact

Service Hotline: +49 (0)7159 42059-0

Se aplican nuestras Condiciones Generales de Contratación. Consulte k2-systems.com

K2 Systems GmbH

Industriestraße 18

71272 Renningen

Germany

+49 (0)7159 42059-0

+49 (0)7159 42059-177

info@k2-systems.com

www.k2-systems.com