

UNIVERSIDAD MIGUEL HERNÁNDEZ DE ELCHE

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ELCHE

GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

"DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN
FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA
UNIFAMILIAR, EN LA LOCALIDAD DE
BUSOT, ALICANTE"

TRABAJO FIN DE GRADO

Febrero - 2025

AUTOR: Jorge Sebastian Coronel Jurado

DIRECTOR/ES: Fernando Verdú Bernabéu

DEDICATORIA

Quisiera dedicar este proyecto a toda mi familia, los cuales sin su apoyo y confianza no hubiera sido posible llegar a culminar esta etapa y poder seguirme enfocando por conseguir mis metas y proyectos.

A quienes se han ido durante esta etapa y me han brindado toda su fuerza y energía para conseguirlo.

Sobre todo, a mi esposa e hijos por su paciencia y apoyo.



RESUMEN

El objeto de este proyecto se basa en el estudio y diseño de una instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar, para dotar de energía eléctrica renovable.

Se trata de una instalación de autoconsumo conectada a la red eléctrica con una potencia pico de 5,5kW.

En el presente proyecto también se abarca el estudio económico de la mejor solución, su justificación y amortización de esta.



ÍNDICE

1.-	MEMORIA DESCRIPTIVA.	12
1.1.-	CONSIDERACIONES GENERALES. _____	12
1.2.-	ANTECEDENTES. _____	12
1.3.-	PROMOTOR DE LA INSTALACIÓN. _____	13
1.4.-	OBJETO DEL PROYECTO. _____	13
1.5.-	ALCANCE. _____	14
1.6.-	NORMATICA APLICABLE. _____	14
1.7.-	UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN. _____	17
1.8.-	TIPOS DE INSTALACIONES EXISTENTES. _____	17
1.9.-	DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA. _____	19
1.10.-	PARAMETROS DE PARTIDA. _____	19
1.11.-	DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN. _____	20
1.12.-	COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN. _____	22
1.13.-	ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. _____	25
1.14.-	INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. _____	29
2.-	CÁLCULOS.	30
2.1.-	CÁLCULO DE LA POTENCIA PICO MÁXIMA EN SUPERFICIE. _____	30
2.2.-	CONFIGURACIÓN DE LA INSTALACIÓN. _____	32
2.3.-	DISPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS EN LA CUBIERTA. _____	35
2.4.-	ESTRUCTURA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS. _____	36
2.5.-	CABLEADO DE LA INSTALACIÓN. _____	38
2.6.-	CABLEADO CORRIENTE CONTINUA. _____	40

2.6.1.-	CÁLCULO DE LA SECCIÓN MEDIANTE EL CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA:	41
2.6.2.-	CÁLCULO DE LA SECCIÓN MEDIANTE EL CRITERIO DE CAIDA DE TENSIÓN:	43
2.7.-	CABLEADO CORRIENTE ALTERNA. _____	44
2.7.1.-	CÁLCULO DE LA SECCION MEDIANTE EL CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA.	45
2.7.2.-	CÁLCULO DE LA SECCION MEDIANTE EL CRITERIO DE CAIDA DE TENSIÓN.	46
2.8.-	PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN. _____	47
2.9.-	DISEÑO DE LA PROTECCIONES DE CORRIENTE CONTINUA.	47
2.10.-	DISEÑO DE LAS PROTECCIONES PARA CORRIENTE ALTERNA.	48
2.11.-	PUESTAS A TIERRA DE LA INSTALACIÓN. _____	49
2.12.-	CAJAS DE PROTECCIÓN. _____	49
2.13.-	SUMINISTRO ELÉCTRICO. _____	50
2.14.-	CARACTERISTICAS DE LA INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO.	54
2.15.-	SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS.	55
2.16.-	PUNTO DE ACCESO Y CONEXIÓN A RED. _____	56
2.17.-	PRESUPUESTO. _____	57
2.18.-	ANÁLISIS ECONÓMICO. _____	58
2.19.-	CONCLUSIONES. _____	62
2.20.-	BIBLIOGRAFIA. _____	62
3.-	ESTUDIO BASICO DE SEGURIDAD Y SALUD.	64
3.1.-	OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. __	64
3.2.-	DATOS GENERALES DEL PROYECTO. _____	64

3.3.- JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD. _	64
3.4.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA. _____	65
3.5 INTERFERENCIA CON SERVICIOS. _____	65
3.6. FASES/ACTIVIDADES PREVISTAS EN LA OBRA. _____	66
3.7. MAQUINARIA PREVISTA EN LA OBRA. _____	67
3.8. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES. _____	67
3.9. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR FASES/ACTIVIDADES DE OBRA. _____	67
3.10. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MAQUINARIA UTILIZADA EN LA OBRA. _____	76
3.11. INSTALACIONES DE SALUBRIDAD. _____	81
3.12. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR. _____	81
3.13. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD. _____	81
3.14. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD. _____	82
3.15. OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS. _____	83
3.16 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS. _____	84
3.17. LIBRO DE INCIDENCIAS. _____	85
3.18. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS. _____	86
3.19. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES. _____	86
4.- PLANOS.	87
5.- PLIEGO DE CONDICIONES.	92
5.1.- OBJETO. _____	92
5.2.- CONDICIONES GENERALES. _____	92
5.3.- SEGURIDAD EN EL TRABAJO. _____	92
5.4.- SEGURIDAD PÚBLICA. _____	93
5.5.- DATOS DE LA OBRA. _____	93

5.6.-	REPLANTEO DE LA OBRA. _____	94
5.7.-	MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO. _____	94
5.8.-	RECEPCIÓN DEL MATERIAL. _____	94
5.9.-	ORGANIZACIÓN. _____	95
5.10.-	FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN. _____	95
5.11.-	CANALIZACIONES ELÉCTRICAS. _____	96
5.12.-	IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES. _____	96
5.13.-	CAJAS DE EMPALME. _____	96
5.14.-	LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN Y CANALIZACIÓN. _____	97
5.15.-	INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS. _____	97
5.16.-	FUSIBLES. _____	98
5.17.-	INTERRUPTORES DIFERENCIALES. _____	98
5.18.-	EQUIPOS DE MEDIDA. _____	99
5.19.-	PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS. 99	
5.20.-	INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA. _____	100
5.21.-	MEDIOS AUXILIARES. _____	101
5.22.-	EJECUCIÓN DE LAS OBRAS. _____	101
5.23.-	SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS. _____	101
5.24.-	PLAZO DE EJECUCIÓN. _____	102
5.25.-	RECEPCIÓN PROVISIONAL. _____	102
5.26.-	MANTENIMIENTO. _____	102
6.-	MEDICIONES Y PRESUPUESTO.	104
7.-	ANEXO I: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS:.....	108
8.-	ANEXO II: JUSTIFICACIÓN DE SOBRECARGA DE USO.	117

8.1.-	CÁLCULO ESTRUCTURAL. _____	117
8.1.1.-	OBJETO Y GENERALIDADES.	117
8.1.2.-	DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA.	117



ÍNDICE DE FIGURAS/IMÁGENES

<i>Ilustración 1: Localización de la instalación fotovoltaica.</i>	17
<i>Ilustración 2: Ejemplo de una instalación fotovoltaica aislada.</i>	18
<i>Ilustración 3: Ejemplo de una instalación de autoconsumo conectada a la red eléctrica.</i>	18
<i>Ilustración 4: Cubierta vivienda.</i>	21
<i>Ilustración 5: Módulo fotovoltaico elegido.</i>	23
<i>Ilustración 6: Inversor trifásico Solís MODELO S5-GR3P4K vista de los terminales.</i>	24
<i>Ilustración 7: PVGIS Mapa Irradiación solar España.</i>	25
<i>Ilustración 8: Datos PVGIS para el primer String.</i>	26
<i>Ilustración 9: Detalle de la cubierta y mapa solar.</i>	31
<i>Ilustración 10: Cubierta de la vivienda.</i>	35
<i>Ilustración 11: Detalle de la sujeción de los módulos fotovoltaicos coplanares a tejado de teja.</i>	37
<i>Ilustración 12: Secciones disponibles de cableado TECSUN.</i>	40
<i>Ilustración 13: Intensidades Admisibles ITC-19.</i>	45
<i>Ilustración 14: Tabla de sobretensiones.</i>	47
<i>Ilustración 15: Esquema Unifilar.</i>	48
<i>Ilustración 16: Caja de Protección CC.</i>	50
<i>Ilustración 17: Caja de Protección AC.</i>	50
<i>Ilustración 18: Pérdidas totales según PVGIS.</i>	51
<i>Ilustración 19: Gráfico HSP anual.</i>	52
<i>Ilustración 20: Gráfico Energía Estimada.</i>	53
<i>Ilustración 21: Vatímetro con toroidales Solís Modelo 3P-METERCTX3.</i>	55
<i>Ilustración 22: Ejemplo de visualización de la aplicación del fabricante Solís.</i>	55

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

<i>Ilustración 23: Cash Flow</i>	60
<i>Ilustración 24: Valores características de las sobrecargas de uso</i>	118
<i>Ilustración 25: Valor básico de la velocidad del viento v_b</i>	120
<i>Ilustración 26: Valores de los coeficientes de exposición C_e</i>	120
<i>Ilustración 27: Tabla cubierta a cuatro aguas</i>	121
<i>Ilustración 28: Zonas climáticas invierno y datos de sobrecarga de nieve en un terreno horizontal</i>	123



ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Simulación consumo diario por hora.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 2: Strings, potencias teóricas y azimuts.</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3: Tabla Energía Estimada.</i>	<i>28</i>
<i>Tabla 4: Datos Módulo.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabla 5: Datos Inversor.</i>	<i>32</i>
<i>Tabla6: Configuración de los Strings.</i>	<i>33</i>
<i>Tabla 7: Longitudes de los Strings.</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 8: Voltajes según Strings.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabla 9: Hora solar pico.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabla 10: Energía Estimada anual.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabla 11: Presupuesto solo con los materiales.</i>	<i>57</i>
<i>Tabla 12: Energía estimada anual.</i>	<i>59</i>
<i>Tabla 13: Evolución del flujo de caja.</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 14: Valor de las acciones permanentes.</i>	<i>117</i>
<i>Tabla 15: Coeficiente según zonas.</i>	<i>122</i>
<i>Tabla 16: Presión estática del viento.</i>	<i>122</i>

1.- MEMORIA DESCRIPTIVA.

1.1.- CONSIDERACIONES GENERALES.

Se considera un sistema fotovoltaico como aquel que produce energía eléctrica y puede satisfacer el consumo eléctrico sin estar necesariamente conectados a la red. Puede por lo tanto estar trabajando en paralelo y estar conectado a la red, como de forma aislada a la red.

En el primer caso ambos sistemas pueden estar trabajando de forma conjunta y suministrando electricidad, o bien pueden tener acumuladores de energía como sería en el segundo caso e ir almacenándolo en los periodos en los cuales la generación es mayor al consumo y poder obtener esa energía acumulada en los momentos de necesidad y la generación no sea suficiente a la demanda, por la noche, por ejemplo.

Si está conectada a la red puede darse la posibilidad que la propia instalación genere más energía que la propia demanda con lo cual el excedente lo puede verter a la red eléctrica y en caso de que la demandada sea mayor que la generación de electricidad utilizará la suministrada por la compañía contratada.

1.2.- ANTECEDENTES.

Desde hace unos cuantos años atrás, tanto los expertos como la comunidad científica insiste en la necesidad de cambiar el modelo energético actual y hacerlo más ecológico.

Algunas de las principales causas son:

- La limitación de los recursos energéticos combustibles, tanto el petróleo, gas natural, carbón o cualquier otro mineral que sea extraído de la tierra, esto establece la necesidad de reducir el uso de estos elementos y buscar otras fuentes energéticas, más eficientes y renovables.
- La emisión de gases como el CO₂ tras la combustión de los combustibles fósiles crea un efecto negativo en el planeta, por tanto, surge la necesidad de buscar otras fuentes de energía, con el objetivo de generar un menor impacto en la naturaleza como para todos los seres vivos.

- Finalmente, la energía eléctrica es básica para el día a día de las personas y una gran parte de las actividades cotidianas requieren más y más energía eléctrica. Por lo tanto, es vital que toda la población pueda acceder a ella para un bienestar generalizado.

Existe por tanto una necesidad de encontrar nuevas fuentes de generación de energía que no provengan de fuentes no renovables como los combustibles fósiles, que sea inagotable a largo plazo y accesible a la mayor cantidad de personas posible a nivel mundial.

La vivienda de la que se hará el estudio y diseño de la instalación se encontraba vacía y sin contrato de suministro eléctrico, no obstante, cuenta con boletín de baja tensión de 10kW y recientemente el propietario realizó un contrato con la compañía comercializadora contratando 6kW tanto en el periodo valle como en el pico.

1.3.- PROMOTOR DE LA INSTALACIÓN.

- Nombre: MARIO RAMÓN MIRALLES
- CIF: 48770701-Y
- Domicilio: c/ Carrasqueta 89C.
- Localidad: Busot (Alicante).

1.4.- OBJETO DEL PROYECTO.

El objeto del proyecto es el del diseño y dimensionamiento de una instalación de generación eléctrica mediante paneles solares fotovoltaicos para autoconsumo en una vivienda unifamiliar ubicada en el término municipal de Busot y justificación de la idoneidad de las soluciones técnicas adoptadas.

Otro objetivo que se consigue con la instalación solar fotovoltaica es que permitirá reducir la factura eléctrica anual, consiguiendo un ahorro energético considerable debido al uso del sol como fuente de energía primaria. A su vez se logra por parte del uso de la energía solar un ahorro del CO₂ que se expulsa a la atmósfera para acceder a la energía eléctrica de uso diario, cuyos efectos son muy negativos para nuestro planeta.

La definición técnica se hará lo suficientemente detallada para que su construcción pueda llevarse a cabo por parte de cualquier industrial del sector.

Se realizará un análisis económico en el cual determinaremos el estudio de viabilidad del proyecto, punto de vista del inversor y el retorno que genera la instalación, todo ello según la normativa de remuneración para la energía generada por estos sistemas.

1.5.- ALCANCE.

El alcance del presente proyecto es el siguiente:

- Dimensionamiento óptimo de una instalación fotovoltaica de autoconsumo para el ahorro energético en la factura eléctrica anual.
- El estudio de la opción más viable en cuanto a los equipos según está el mercado actual durante la creación de este documento.
- Dimensionamiento del cable y protecciones eléctricas de la instalación.
- Estudio de las mejores opciones disponibles para aprovechar el excedente energético.
- Análisis económico en el cual se evaluará la rentabilidad del proyecto, tiempo de retorno.

1.6.- NORMATIVA APLICABLE.

La normativa que se va a emplear en el presente proyecto es la siguiente:

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico (BOE nº285 de 28/11/1997).
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación. Documento Básico HE 5 “Contribución fotovoltaica mínima de energía eléctrica”.

- Real Decreto 1565/2010, de 19 de noviembre, por el que se regulan y modifican determinados aspectos relativos a la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto – Ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- 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.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 436/2004, de 12 de marzo, por el que se establece la metodología para la actualización y sistematización del régimen jurídico y económico de la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Resolución de 31 de mayo de 2001 por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para las instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica.
- Real Decreto 841/2002, de 2 de agosto, por el que se regula para las actividades de producción de energía eléctrica en régimen especial su incentivación en la participación en el mercado de producción, determinadas obligaciones de información de sus previsiones de producción, y la adquisición por los comercializadores de su energía eléctrica producida
- Real Decreto 1433/2003, de 27 de diciembre, por el que se establecen los requisitos de medida en baja tensión de consumidores y centrales de producción en régimen especial.
- Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a Red, publicado por el IDAE.
- Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Aisladas, publicado por el IDAE.
- 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 nº295 de jueves 8 de diciembre de 2011).

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico, (BOE nº310 de 27 de diciembre de 2013).
- Orden del 9 de marzo de 1971, por el que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el trabajo.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones Mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo. Y Real Decreto 486/1997, de 14 de abril de 1997, sobre Disposiciones Mínimas de seguridad y salud en los lugares de trabajo.
- Reglamento de Acometidas Eléctricas (Aprobado por Real Decreto 2944/1982, de 15 de octubre, BOE 12/11/1982).
- Normas UNE de obligado cumplimiento.
- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen las Disposiciones Mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción.
- Real Decreto 1495/1986, modificada por Real Decreto 830/1991, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas.
- Real Decreto 1435/1992, modificado por Real Decreto 56/1995, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre las máquinas.
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por trabajadores de equipos de protección individual.
- Real Decreto 1215/1997, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud para la utilización por los trabajadores de los equipos de trabajo
- Real Decreto 1407/1992, modificado por Real Decreto 159/1995, sobre condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual – EPI.

1.7.- UBICACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

La vivienda está situada en el término municipal de Busot, los módulos fotovoltaicos van a estar ubicados en la cubierta de la vivienda.

Las coordenadas del emplazamiento son:

- Latitud: 38.48949089569479-> 38°29'22" N
- Longitud: -0.4335754448993498 -> 0°26'1" E

La instalación está a 280 metros sobre el nivel del mar.

La cubierta solamente tiene la sombra de la maquinaria del hueco del ascensor hacia el faldón norte de la cubierta el cual podría impedir la captación solar.

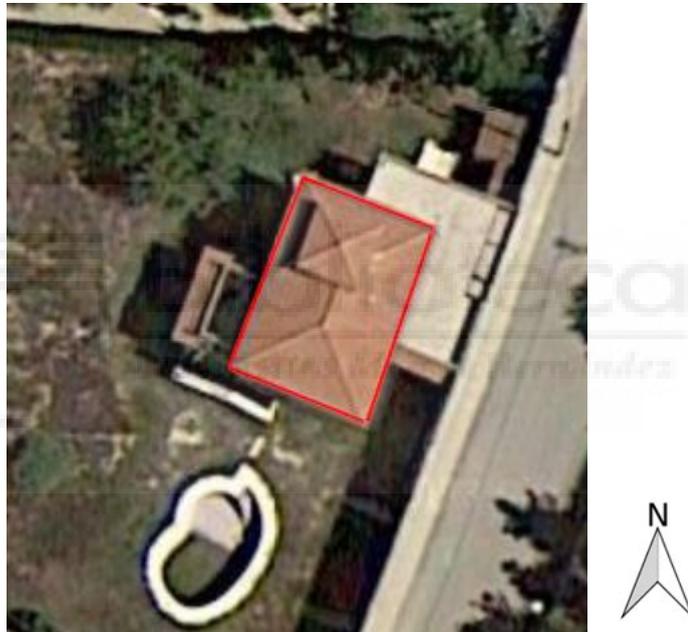


Ilustración 1: Localización de la instalación fotovoltaica.

1.8.- TIPOS DE INSTALACIONES EXISTENTES.

Actualmente se pueden distinguir principalmente dos tipos de instalaciones:

- Instalaciones fotovoltaicas aisladas de la red eléctrica
- Instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red eléctrica.

El sistema de las instalaciones aisladas de la red eléctrica se basa en el almacenamiento de la energía en baterías, las baterías se van cargando cuanto mayor sea la radiación solar y con el excedente que no se utilice, una vez no haya radiación solar por la climatología las baterías suministran la electricidad, se usa mayoritariamente para el autoconsumo, aunque no en exclusiva, también en zonas donde el acceso a la red eléctrica sea complicado y/o inexistente.



Ilustración 2: Ejemplo de una instalación fotovoltaica aislada.

En cuanto a las instalaciones conectadas a la red eléctrica tienen la capacidad de estar conectadas a la red y poder verter la energía sobrante a la red de distribución, para ello debe disponer de varios elementos como un inversor, contador bidireccional y algunos más que los veremos más adelante.

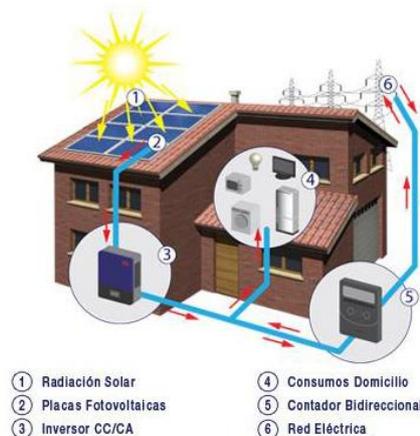


Ilustración 3: Ejemplo de una instalación de autoconsumo conectada a la red eléctrica.

1.9.- DISEÑO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA.

Un diseño correcto parte de la base de dimensionar eficazmente la instalación, para ello se realiza un estudio previo del consumo eléctrico para no sobre ni infra dimensionar la instalación. Obtenidos los datos de los consumos, se calcula la potencia máxima pico que se puede llegar a obtener con la superficie disponible. Acto seguido mediante la herramienta de PVGIS se extraen los datos de la generación eléctrica por horas y ubicación, haciendo la comparativa de lo que se puede producir frente al consumo obtenemos el ahorro posible en la factura eléctrica.

Finalizado el cálculo de la potencia pico se realizará una planificación como un replanteo de la superficie donde se vaya a instalar, para observar sombras u obstáculos que interfieran en la instalación.

Una vez replanteado se configuran los módulos e inversores necesarios para la correcta instalación y satisfacer la demanda. Ya realizada la configuración/distribución, tanto de los módulos como inversores, se calculan las características del cable a emplear, las protecciones eléctricas y las estructuras y/o soportes de los paneles.

Para finalizar, se calcula la energía producida con todas las pérdidas posibles para poder calcular el tiempo de retorno de la instalación.

1.10.-PARÁMETROS DE PARTIDA.

Para nuestro proyecto los parámetros de partida son los siguientes:

Al no disponer de un histórico anual de facturas, ni archivo en el cuarto horario del contador, nos basaremos para dimensionar la instalación en los siguientes parámetros:

- Potencia del boletín de la vivienda: 10kW.
- Potencia contratada con la comercializadora: 6kW.
- Factura del cliente de 1 mes: Consumo de 600 kWh.
- Superficie disponible de la cubierta de la vivienda.
- Potencias relevantes de los aparatos eléctricos de la vivienda:

Equipos	Potencia (kW)	Horas consumo diario	Consumo Estimado de Energía (kWh)	
Ascensor	5	0,5	2,5	
Televisión	0,07	4	0,28	
Caldera Eléctrica	5,5	1,5	8,25	
Depurador Piscina	0,74	2	1,48	
Lavadora	0,75	2	1,5	
Nevera	0,2	24	4,8	
Bombillas LED	0,1	8	0,8	
Router Wifi, cargadores móviles...	0,019	12	0,228	Consumo al mes
		Total	19,838	614,978kWh

Tabla 1: Simulación consumo diario por hora.

Tomando como consideración que el 70 % del consumo se realiza en horario solar, dado que los propietarios se encuentran en horario laboral de la misma, esto se tendrá en cuenta en la tabla de amortización de la instalación.

1.11.-DIMENSIONAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.

Teniendo en cuenta los parámetros iniciales descritos anteriormente; la superficie disponible de la cubierta, la potencia contratada, la diferencia de orientaciones entre los faldones y atendiendo a las limitaciones de compensación simplificada actualmente en el mercado español, se opta por una potencia de 5,5 kWp.

Esta potencia la podemos justificar por los siguientes motivos:

- Límite de compensación:

En el cálculo de la compensación de excedentes, hay un límite regulado denominado “límite de la compensación”, que supone que la compañía suministradora no tiene la obligación de compensar económicamente una producción fotovoltaica que supere la potencia contratada, esto no limita la potencia máxima de la instalación, limita la energía susceptible de ser compensada.

- Ubicación de la vivienda y superficie disponible del tejado:

El número de placas posibles a instalar utilizando únicamente dos faldones y atendiendo unas dimensiones de 1134 x 2261 y 550Wp, asciende a 10 unidades que arrojan una potencia pico total de 5,5 kWp.

Strings	Nº Paneles	Potencia Generada Teórica (W)	Azimut (°)
S1	5	2750	108
S2	5	2750	-72
Total		5550	

Tabla 2: Strings, potencias teóricas y azimuts.

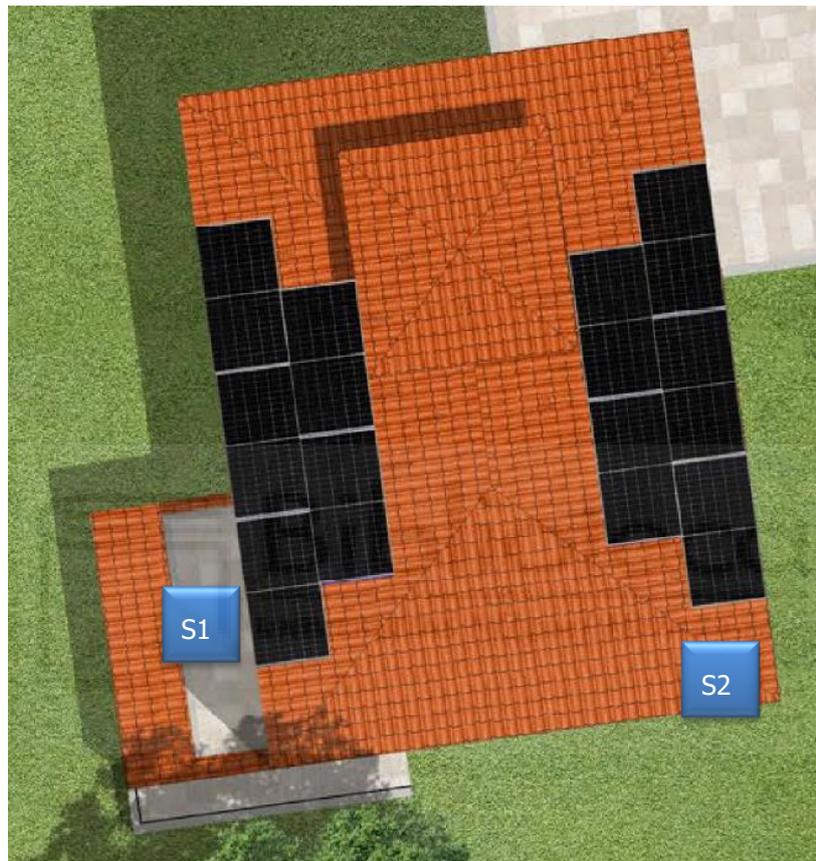


Ilustración 4: Cubierta vivienda.

- Consumo mensual del cliente factura de marzo: 600 kWh.

Como no tenemos un histórico de consumos relevantes, y atendiendo a la gran demanda eléctrica de vivienda, asumiremos como media razonable el consumo reflejado en la factura del cliente de 600 kWh en marzo.

1.12.-COMPONENTES PRINCIPALES DE LA INSTALACIÓN.

Los componentes principales de una instalación fotovoltaica son los siguientes:

Módulos fotovoltaicos:

En la actualidad hay unos tres tipos diferentes de células fotovoltaicas, que son:

- Células de silicio amorfo.
- Células de silicio monocristalino.
- Células de silicio policristalino.

Las células de silicio amorfo están hechas de sucesivas capas finas depositadas sobre el cristal, metal o plástico. Son las más baratas de fabricar, pero su inconveniente es el bajo rendimiento respecto a los otros dos tipos y su alta degradación tras mucho tiempo de exposición a los rayos solares. Por parte de las células de silicio monocristalino, tienen el mayor rendimiento respecto a los otros dos tipos, mientras que las células de silicio policristalino son las más utilizadas, ya que son más baratas y la diferencia de rendimiento respecto a las de silicio monocristalino no es muy elevada.

Características del módulo seleccionado:

Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo y deberán satisfacer las especificaciones de la UNE-EN 61215 para módulos de silicio cristalino como estar cualificados por algún laboratorio reconocido. Todos los módulos se deberán conectar a tierra en el punto determinado por el fabricante para tal fin.

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

Los módulos llevarán 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 o superior.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

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 líneas de intensidad continua del resto del generador. Si por razones constructivas del inversor no fuese necesario el uso de fusibles para proteger las series, el propio equipo debe de incorporar un seccionador de corriente continua que permita abrir el circuito de generación. En el caso que nos ocupa dicho seccionador estará incorporado en el inversor fotovoltaico.

Hoja de las características de los módulos:

Marca:	CANADIAN SOLAR
Potencia máxima (Pmax):	550 Wp
Tensión a potencia máxima (Vmp):	41,70 V
Intensidad a potencia máxima (Imp):	13,20 A
Tensión de circuito abierto (VOC):	49,60 V
Intensidad de cortocircuito (ISC):	14,00 A
Eficiencia módulo (Efm):	21,50%

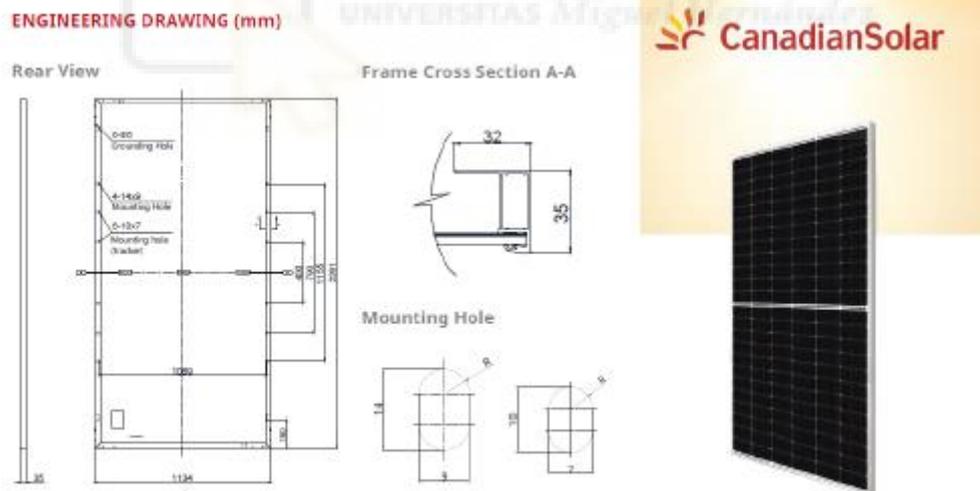


Ilustración 5: Módulo fotovoltaico elegido.

Inversor fotovoltaico:

El inversor fotovoltaico tiene la función de transformar la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA) para poder utilizarla posteriormente ya sea para los aparatos que consuman este tipo de corriente como para poder verterla a la red.

Se instalará un inversor de 4K trifásico de la marca Solís.

Características del inversor seleccionado:

El inversor dispone de dos seguidores del punto de máxima potencia (MPPT) con una entrada por cada uno de ellos, en total dos entradas. Para optimizar el rendimiento de la instalación, las series que se conecten a un mismo seguidor deben de tener aproximadamente el mismo número de módulos y estar montados en la misma orientación e inclinación, en caso contrario se aconseja la instalación de optimizadores en todos los módulos de la serie.

DATOS INVERSOR:

SOLÍS MODELO S5-GR3P4K

Datos de entrada:

N.º de seguidores MPPT:	2
N.º de entradas	2
Máxima intensidad de entrada MPPT (I_{dcmax}):	16 A
Máxima intensidad de cortocircuito por MPPT:	20 A
Tensión de entrada nominal ($U_{cd,r}$):	600 V @ 400 Vac

Datos de salida:

Potencia nominal CA ($P_{ac,r}$):	4 kW
Máxima potencia de salida ($P_{ac\ máx}$):	4,4 kVA
Intensidad de salida CA ($I_{ac\ nom}$):	6,4 A @ 400 V



Ilustración 6: Inversor trifásico Solís MODELO S5-GR3P4K vista de los terminales.

1.13.-ORIENTACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Para que la instalación trabaje en las condiciones óptimas y el rendimiento sea el máximo posible la orientación recomendada es el sur geográfico ya que los módulos reciben la máxima irradiación solar durante el día.

Al realizar una instalación sobre la cubierta de una vivienda no podemos elegir la orientación de los paneles, sino que hay que amoldarse a la orientación de la vivienda y elegir en qué faldones se hará la instalación y quizás la única consideración podría ser por donde se pone el sol y si hay algún elemento que provoque sombras a la instalación.

Para realizar la comprobación que el sistema con esta orientación es capaz de generar la energía necesaria se hará la simulación mediante PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) que nos mostrará una estimación de la potencia generada por la instalación de autoconsumo con la configuración física descrita, que dispone el IET (Instituto de Energía y Transporte). Dicha estimación debe tenerse en cuenta según el periodo correspondiente en base a la tarifa de consumo de energía eléctrica del titular de la instalación y superponiéndola a las horas de producción reales de la instalación fotovoltaica.

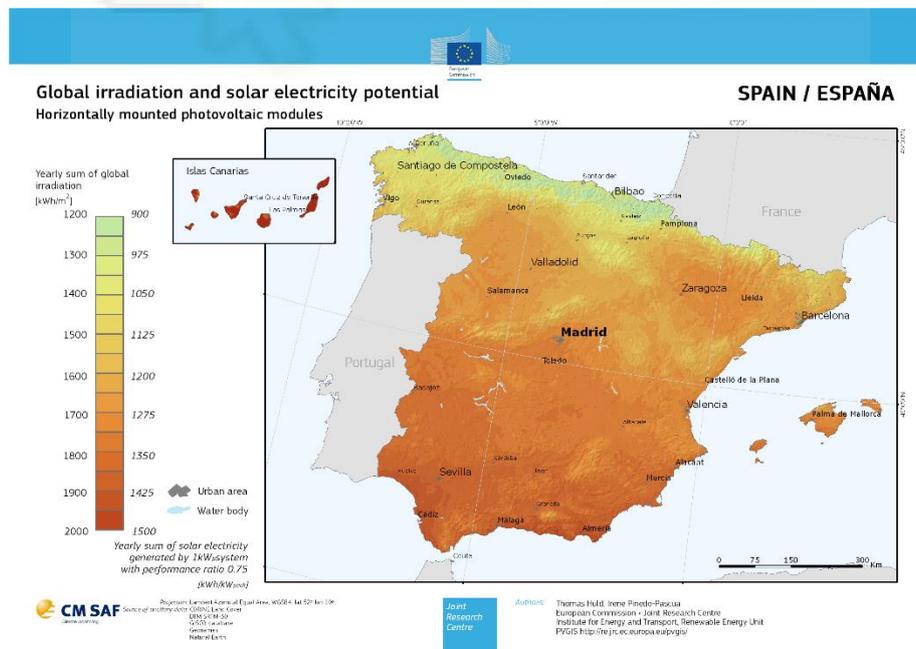


Ilustración 7: PVGIS Mapa Irradiación solar España.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

Al introducir los datos de potencias, azimuts e inclinaciones en la aplicación obtendríamos los siguientes valores:

String 1:

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

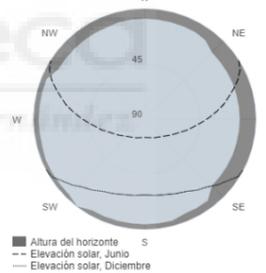
Datos proporcionados:

Latitud/Longitud: 38.489,-0.434
 Horizonte: Calculado
 Base de datos: PVGIS-SARAH3
 Tecnología FV: Silicio cristalino
 FV instalado: 2.75 kWp
 Pérdidas sistema: 14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación: 15 °
 Ángulo de azimut: 108 °
 Producción anual FV: 3651.35 kWh
 Irradiación anual: 1739.33 kWh/m²
 Variación interanual: 94.05 kWh
 Cambios en la producción debido a:
 - Ángulo de incidencia: -3.92 %
 - Efectos espectrales: 0.36 %
 - Temperatura y baja irradiancia: -7.95 %
 Pérdidas totales: -23.66 %

Perfil del horizonte en la localización seleccionada



Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	154.4	72.8	12.3
Febrero	195.2	89.7	15.0
Marzo	294.0	134.8	29.9
Abril	360.4	167.4	29.7
Mayo	443.4	210.0	33.8
Junio	467.2	226.1	16.7
Julio	473.4	231.9	12.3
Agosto	416.1	202.8	13.4
Septiembre	312.1	149.6	16.9
Octubre	238.1	112.9	13.6
Noviembre	161.4	76.5	10.8
Diciembre	135.6	65.0	7.4

Ilustración 8: Datos PVGIS para el primer String.

String 2:

CONECTADO A RED

RENDIMIENTO DE UN SISTEMA FV CONECTADO A RED
?

- FV CON SEGUIMIENTO
- FV AUTÓNOMO
- DATOS MENSUALES
- DATOS DIARIOS
- DATOS HORARIOS
- TMY

Base de datos de radiación solar* PVGIS-SARAH3

Tecnología FV* Silicio cristalino

Potencia FV pico instalada [kWp]* 2,750

Pérdidas sistema [%]* 14

Opciones de montaje fijo

Posición de montaje * Posición libre

Inclinación [°]* 15 Optimizar inclinación

Azimut [°]* -72 Optimizar inclinación y azimut

Precio electricidad FV

Coste sistema FV [su divisa]

Interés [%/año]

Vida útil [años]

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:	Resultados de la simulación	Perfil del horizonte en la localización seleccionad
Latitud/Longitud: 38.489,-0.434	Ángulo de inclinación: 15 °	
Horizonte: Calculado	Ángulo de azimut: -72 °	
Base de datos: PVGIS-SARAH3	Producción anual FV: 3933.92 kWh	
Tecnología FV: Silicio cristalino	Irradiación anual: 1861.64 kWh/m²	
FV instalado: 2.75 kWp	Variación interanual: 79.40 kWh	
Pérdidas sistema: 14 %	Cambios en la producción debido a:	
	Ángulo de incidencia: -3.16 % Efectos espectrales: 0.41 % Temperatura y baja irradiancia: -8.11 % Pérdidas totales: -23.16 %	

Energía FV y radiación solar mensual

Mes	E_m	H(i)_m	SD_m
Enero	194.9	88.0	15.7
Febrero	227.8	102.8	17.6
Marzo	324.0	147.8	33.3
Abril	382.6	177.7	27.7
Mayo	454.3	215.9	31.5
Junio	471.2	228.9	15.2
Julio	475.4	234.0	13.7
Agosto	428.4	209.6	13.0
Septiembre	340.3	162.8	16.3
Octubre	269.1	126.4	15.7
Noviembre	194.2	89.4	14.9
Diciembre	171.7	78.2	9.8

Ilustración 9: Datos PVGIS para el segundo String.

Los variables expuestas por el PVGIS son las siguientes:

- E_m: Esta variable hace referencia a la producción eléctrica mensual, medida en kWh.
- H_m: Esta variable corresponde con la suma promedio de la irradiación global por metro cuadrado que reciben los módulos, se mide en kWh/m².
- SD_m: Desviación estándar de la producción eléctrica mensual debida a la variación interanual, se mide en kWh.

Mes	Pot. pico mod. fotov. Pp (W)	Nº módulos fotov. Np	HSP (h/día)	Nº días/mes	Energía generada mod. fotov. Eg (kWh/mes)
Enero	550	10	2,05	31	349
Febrero	550	10	2,75	28	423
Marzo	550	10	3,62	31	618
Abril	550	10	4,50	30	743
Mayo	550	10	5,27	31	898
Junio	550	10	5,69	30	938
Julio	550	10	5,56	31	949
Agosto	550	10	4,95	31	845
Septiembre	550	10	3,95	30	652
Octubre	550	10	2,97	31	507
Noviembre	550	10	2,16	30	356
Diciembre	550	10	1,80	31	307
Total año:					7.585 kWh

Tabla 3: Tabla Energía Estimada.

Con los datos obtenidos tras la simulación y análisis de ellos podemos observar que con una instalación de 5,5 kWp en la ubicación y posición seleccionada, se genera una gran cantidad de energía que el cliente podría aprovecharla, dado que el cliente final como su mujer teletrabajan desde casa tienen un consumo atípico al de una vivienda unifamiliar, siendo elevado en las horas solares, esto lo tendremos en cuenta en el análisis económico.

Según las características del inversor el campo fotovoltaico máximo admisible es de 6 kW como nuestro campo fotovoltaico es de 5,5 kWp estamos dentro de los valores admisibles.

1.14.-INCLINACIÓN DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

Es fundamental tener una buena inclinación ya que con la inclinación óptima se consigue aprovechar al máximo la energía solar incidente en ellos, la inclinación óptima se determina por la latitud, una vez tenemos la latitud se suele variar unos 10-15 grados para obtener la inclinación óptima de los módulos, y buscar si se desea la máxima producción en invierno o verano, debido a la ubicación de la vivienda una inclinación óptima estaría sobre los 28° buscando la máxima producción para el verano, para la situación que nos atañe la inclinación de los módulos se mantendrá a la inclinación que tengan los faldones de las aguas de la cubierta, que en este caso es de 15°, de esta manera no se le sumará mayores sobrecostes en estructuras.



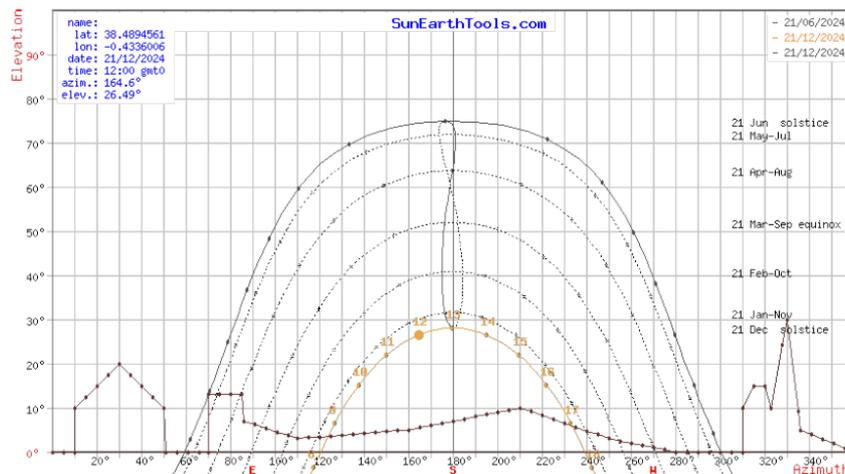
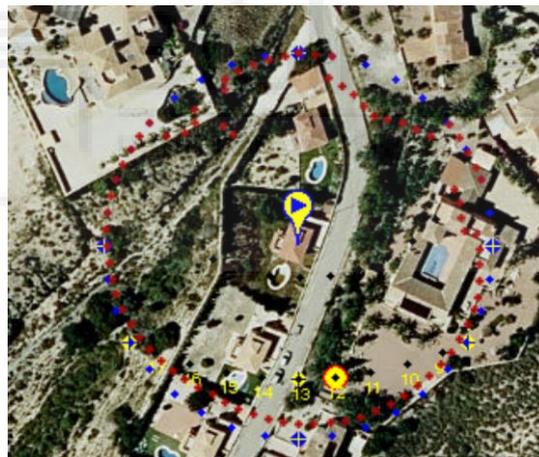
2.- CÁLCULOS.

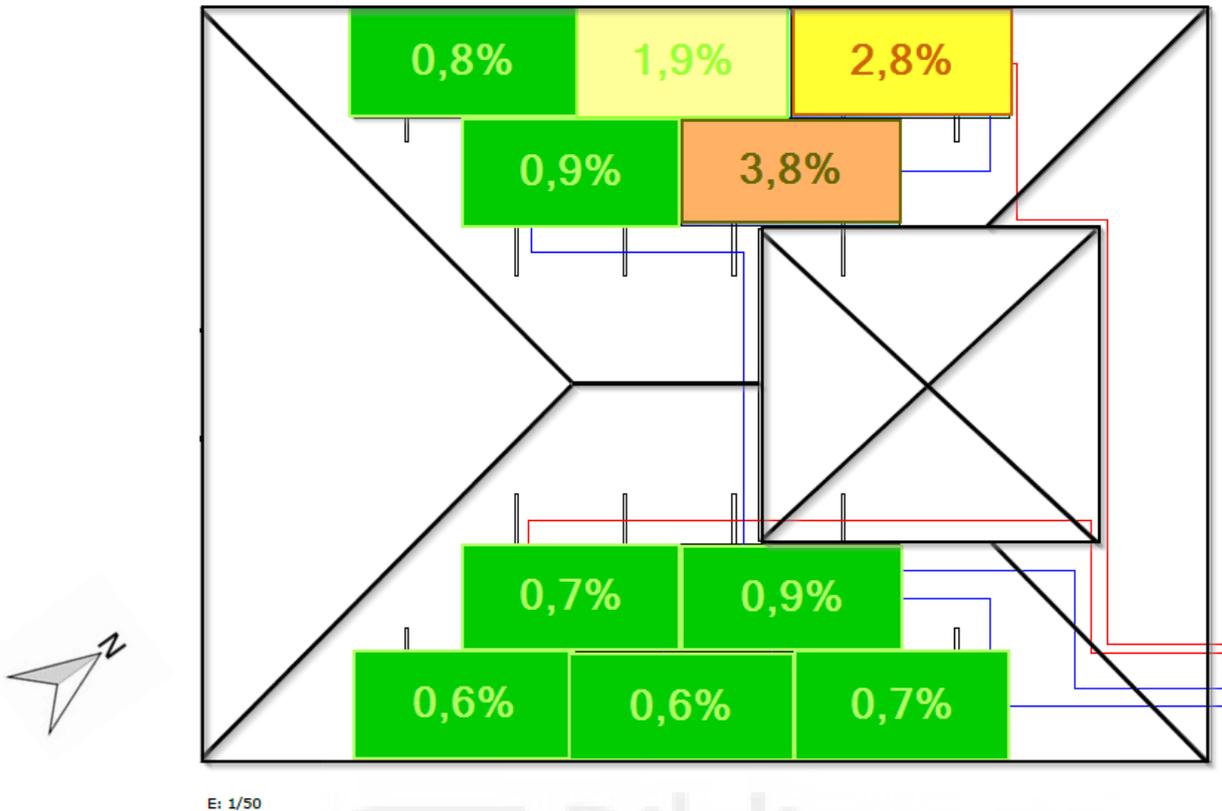
2.1.- CÁLCULO DE LA POTENCIA PICO MÁXIMA EN SUPERFICIE.

Ya se han obtenido previamente todos los datos que se necesitan para el correcto dimensionamiento de la instalación y se han tenido en cuenta cualquier elemento arquitectónico que pueda generar sombra a los módulos.

El IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía) establece en el Pliego de Condiciones Técnicas de instalaciones fotovoltaicas conectadas a red la necesidad de asegurar al menos 4 horas de luz solar entorno al mediodía del día más desfavorable del año, el solsticio de invierno.

Actualmente, lo único que podría generar sombras es la maquinaria del hueco del ascensor que sobresale por encima de la cubierta, se opta por no poner más paneles en el faldón norte que hace sombra según la trayectoria del sol. El faldón oeste como el este tendrá las horas de luz necesarias para la producción que establece el IDAE.





E: 1/50

Ilustración 9: Detalle de la cubierta y mapa solar.

Analizando con un programa de sombras el campo fotovoltaico que se encuentra al este, prácticamente no presenta pérdidas por no disponer de obstáculos en esa dirección, y en el oeste como se corrobora en la imagen, todos los módulos presentan pérdidas menores al 4% por lo que consideramos válido las sombras sufridas.

Para la configuración coplanar no es necesario calcular la distancia mínima entre filas, ya que por su orientación no se van a generar ninguna sombra, únicamente se tiene que considerar un espacio entre filas para un mantenimiento de la instalación.

También se procede a disponer de los paneles de manera horizontal es decir el lado más largo paralelo al lado más largo del faldón, se pueden instalar mayor cantidad de paneles con esa configuración.

El número de placas posibles a instalar atendiendo a unas dimensiones de 1134x2261 y 550Wp, asciende a 10 Ud. que arrojan una potencia pico total de 5,5 kWp.

2.2.- CONFIGURACIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Para una configuración adecuada a la instalación, hay que calcular los módulos necesarios y posteriormente una estimación de los inversores necesarios.

$$\text{Números de módulos} = \frac{P \text{ Instalación}}{P \text{ panel}} = \frac{5.500 \text{ Wp}}{550 \text{ Wp}} = 10 \text{ modulos}$$

El inversor elegido para la instalación es Inversor Trifásico Solís de 4K, tiene una potencia nominal de salida de 4000 W y una potencia pico de 6000 W, con este inversor se llega a la potencia necesaria y se aprovecha la máxima potencia posible.

$$\text{Números de Inversores} = \frac{5.500 \text{ Wp}}{6.000 \text{ Wp}} = 0,92 \approx 1 \text{ inversor}$$

La instalación estará compuesta por dos series de módulos fotovoltaicos una de 5 módulos orientada al este y otra de 5 módulos al oeste (contando la totalidad de los módulos de esta serie con un optimizador TIGO), ambas series, la tensión está comprendida dentro del rango del seguidor de búsqueda de máxima potencia del inversor:

Para determinar si la configuración es válida, es necesario realizar las siguientes comprobaciones:

Datos Módulo:

Tamaño Módulo:	2261mm x 1134 mm x 35 mm
Peso:	27,8 kg
Potencia máxima (Pmax):	550 Wp
Tensión de circuito abierto (Voc):	49,60 V
Intensidad de cortocircuito (Isc):	14,00 A
Tensión a potencia máxima (Vmp):	41,7 V
Intensidad a potencia máxima (Imp):	13,20 A
Eficiencia módulo (Efm):	21,50%
Coefficiente temperatura (Pmax):	-0,34 %/°C
Coefficiente temperatura (Voc):	-0,26 %/°C
Coefficiente temperatura (Isc):	0,05 %/°C
TONC:	42 ± 3 °C

Tabla 4: Datos Módulo.

Datos Inversor:

Máxima corriente de entrada (Imáx-dc):	16A
Rango de tensión (MPPT):	160-1000V
Número de seguidores (MPPT):	2
Número de entradas CC	2+2

Tabla 5: Datos Inversor.

Para conocer cuántos módulos pueden conectarse en serie para alcanzar el mínimo voltaje que el inversor necesita para funcionar, así como el número máximo de módulos necesarios para no sobrepasar el máximo voltaje que el inversor es capaz de admitir:

$$N^{\circ} \text{ mínimo de modulos en serie} = \frac{V_{\min_{\text{inversor}}}}{V_{oc}} = \frac{180}{49.60} = 3,63 \approx 4 \text{ módulos}$$

$$N^{\circ} \text{ máximo de modulos en serie} = \frac{V_{\max_{\text{inversor}}}}{V_{oc}} = \frac{1000}{49.60} = 20,16 \approx 20 \text{ módulos}$$

INVERSOR (10 MÓDULOS)	
STRING 1	STRING 2
5 MÓDULOS EN SERIE	5 MÓDULOS EN SERIE

Tabla6: Configuración de los Strings.

Además de también la instalación debe cumplir con los siguientes criterios:

Criterio de tensión: se comprueba que los módulos están en el rango de voltaje que admite el inversor instalado.

$$\text{Voltaje máx (S1) de 5 módulos en serie} = N^{\circ} \text{ módulos} \cdot V_{oc} = 5 \cdot 49,60 = 248 \text{ V}$$

$$160 \text{ V} < 248 \text{ V} < 1000 \text{ V} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$\text{Voltaje máx (S2) de 5 módulos en serie} = N^{\circ} \text{ módulos} \cdot V_{oc} = 5 \cdot 49,60 = 248 \text{ V}$$

$$160 \text{ V} < 248 \text{ V} < 1000 \text{ V} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Criterio de intensidad: cada inversor dispone de 2 entradas, por lo que, por cada una de ellas, el inversor admite una máxima intensidad.

- STRING 1:

$$\text{Máxima intensidad de entrada inversor} = 16 \text{ A}$$

$$\text{Corriente que proporcionan 5 módulos en serie } I_{sc} = 14 \text{ A}$$

$$14 \text{ A} < 16 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

- STRING 2:

$$\text{Máxima intensidad de entrada} = 16 \text{ A}$$

$$\text{Corriente que proporcionan 5 módulos en serie } I_{sc} = 14 \text{ A}$$

$$14 \text{ A} < 16 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Criterios de temperatura: la potencia que generan los módulos depende en gran medida de la temperatura de las celdas, por lo que es necesario ir a unos casos extremos de temperatura para comprobar que siguen cumpliendo los requisitos de funcionamiento. La norma establece que se debe calcular a 70°C y a -10°C.

$$\text{Coeficiente de temperatura: } V_{oc} = -0,260 \frac{\%}{^{\circ}\text{C}} = -0,12896 \frac{V}{^{\circ}\text{C}}$$

- Pérdida de voltaje a 70°C de temperatura:

$$V_{oc\ 70^{\circ}\text{C}} = \text{TkVoc} \cdot \Delta T = -0,12896 \frac{V}{^{\circ}\text{C}} \cdot (70 - 25)^{\circ}\text{C} = -5,8032 \frac{V}{\text{módulo}}$$

$$S1 \rightarrow V_{oc\ 70^{\circ}\text{C}} = \text{TkVoc} \cdot \Delta T = 5 \text{ módulos} \cdot (-5,8032) \frac{V}{\text{módulo}} = -29,016 V$$

$$S2 \rightarrow V_{oc\ 70^{\circ}\text{C}} = \text{TkVoc} \cdot \Delta T = 5 \text{ módulos} \cdot (-5,8032) \frac{V}{\text{módulo}} = -29,016 V$$

$$S1 \rightarrow \text{Voltaje mínimo 5 módulos en serie} + V_{oc\ 70^{\circ}\text{C}} = 248 + (-29,016) = 218,98 V$$

$$160 V < 218,98 V < 1000 V \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$S2 \rightarrow \text{Voltaje mínimo 5 módulos en serie} + V_{oc\ 70^{\circ}\text{C}} = 248 + (-29,016) = 218,98 V$$

$$160 V < 218,98 V < 1000 V \rightarrow \text{CUMPLE}$$

De aquí en adelante haremos los cálculos solo para un String ya que ambos tienen la misma cantidad módulos.

- Ganancia de voltaje a -10°C de temperatura:

$$V_{oc\ -10^{\circ}\text{C}} = \text{TkVoc} \cdot \Delta T = -0,12896 \frac{V}{^{\circ}\text{C}} \cdot (-10 - 25)^{\circ}\text{C} = 4,514 \frac{V}{\text{módulo}}$$

$$V_{oc\ -10^{\circ}\text{C}} = \text{TkVoc} \cdot \Delta T = 5 \text{ módulos} \cdot 4,514 \frac{V}{\text{módulo}} = 22,568 V$$

$$\text{Voltaje máximo 5 módulos en serie} + V_{oc\ -10^{\circ}\text{C}} = 248 + 22,568 = 270,57 V$$

$$160 V < 270,57 V < 1000 V \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como todas las comprobaciones se cumplen, es posible llevar a cabo la configuración planteada para poder realizar la instalación de los módulos fotovoltaicos.

2.3.- DISPOSICIÓN DE LOS MÓDULOS EN LA CUBIERTA.

En la siguiente figura se muestra un plano con los módulos colocados teniendo en cuenta la distancia de seguridad y la distancia entre módulos para dejar algo de espacio para las grapas de unión. Con la finalidad de tener una mejor visualización del espacio ocupado por los módulos fotovoltaicos.

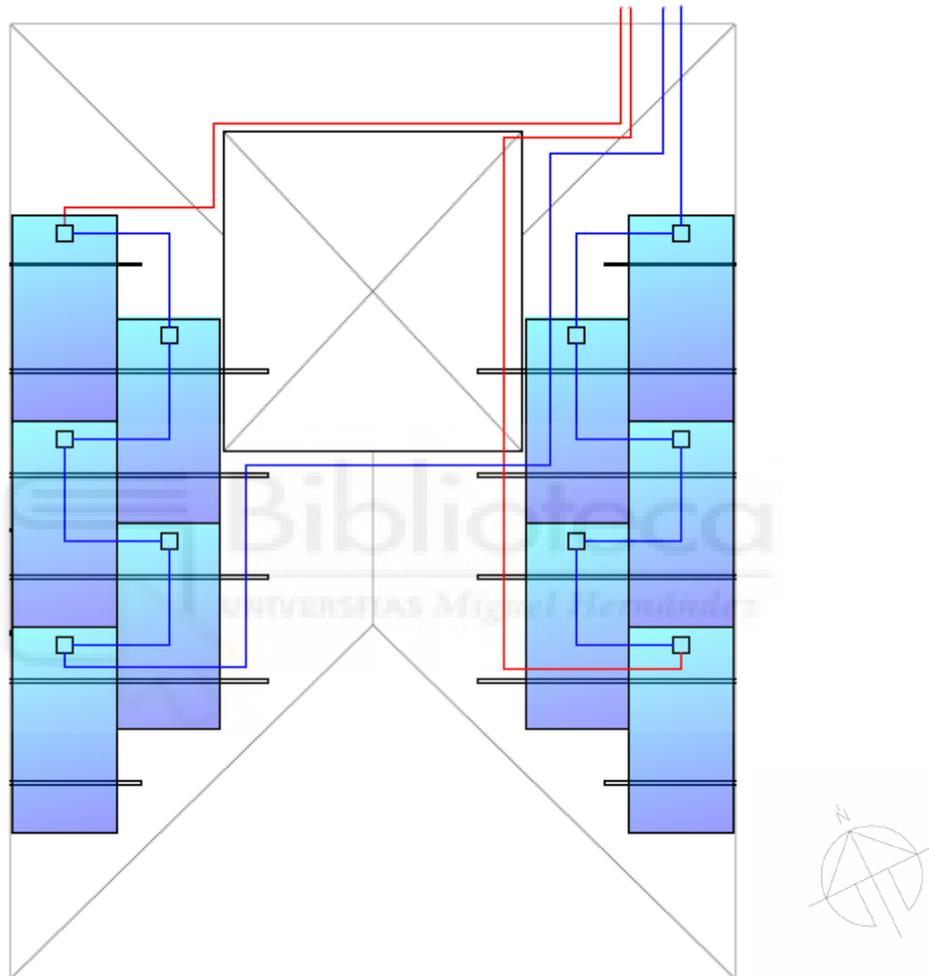


Ilustración 10: Cubierta de la vivienda.

2.4.- ESTRUCTURA DE LOS MÓDULOS FOTOVOLTAICOS.

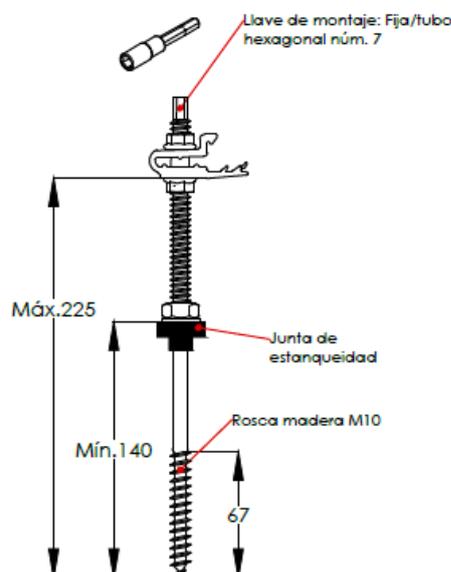
La estructura soporte de los módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el CTE.

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 normas del fabricante.

La estructura se realizará teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.

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

Toda la perfilería de estructura a instalar es del fabricante Sunfer es de aluminio EN AW 6005A T6. La tornillería es de acero inoxidable A270.



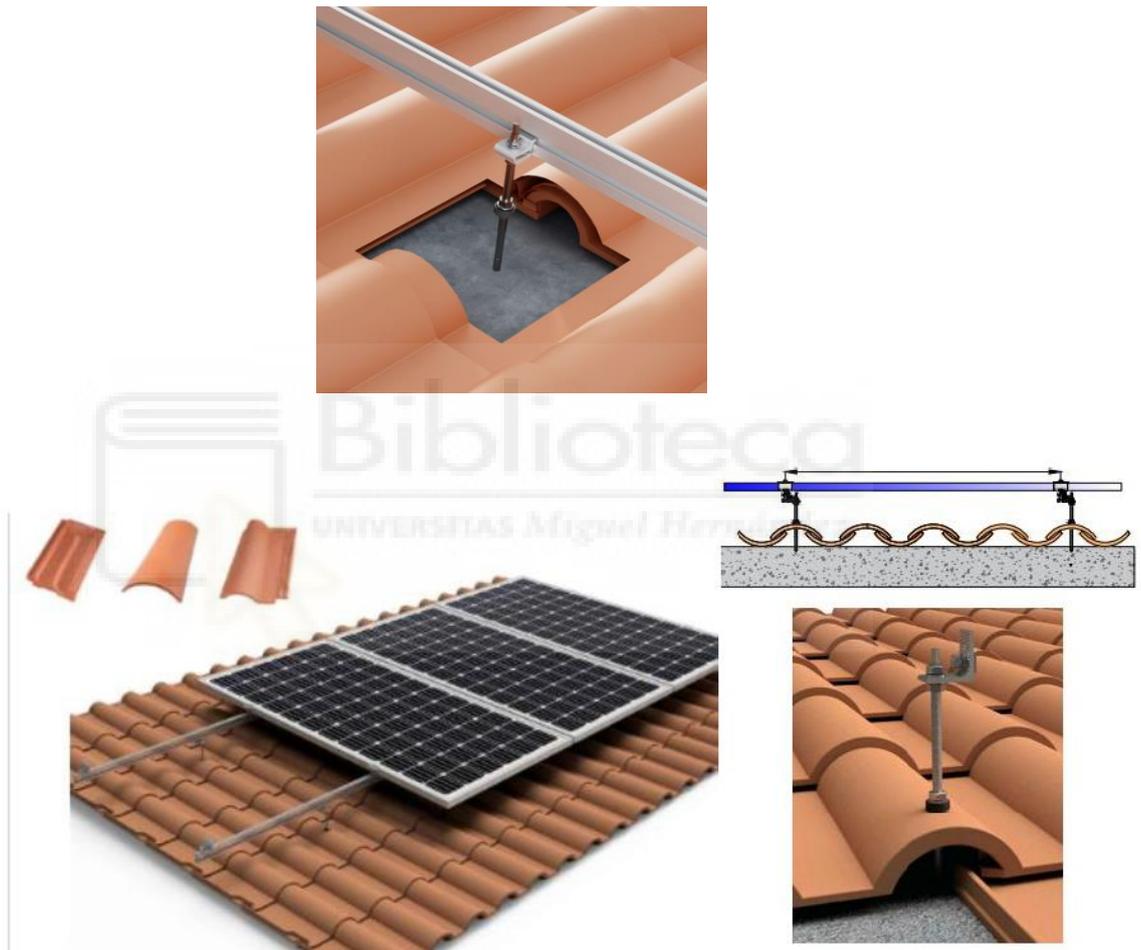
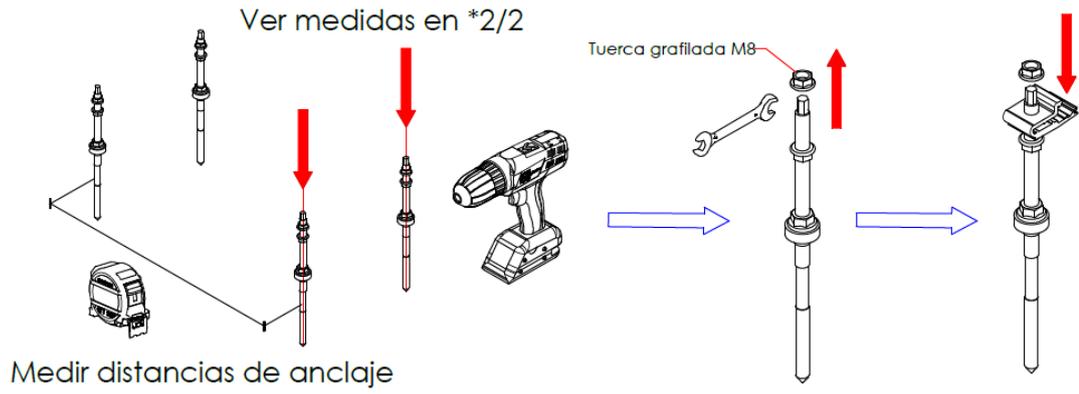


Ilustración 11: Detalle de la sujeción de los módulos fotovoltaicos coplanares a tejado de teja.

2.5.- CABLEADO DE LA INSTALACIÓN.

El diseño del cableado tiene que seguir una serie de condiciones que establece el Pliego de Condiciones Técnicas para Instalaciones Conectadas a Red, publicado por el IDAE. Las condiciones son las siguientes:

- 5.5.1: Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.

- 5.5.2: Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5%.

- 5.5.3: El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de engancho por el tránsito normal de personas.

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

Para el correcto dimensionamiento del cableado de la instalación, es necesario utilizar el criterio de caída de tensión ya que la norma establece que no debe ser superior a un 1,5% de la tensión total entre los módulos fotovoltaicos y el punto de inyección a la red.

La longitud del cableado es uno de los parámetros necesarios para que se pueda realizar un correcto dimensionamiento.

Strings	N Paneles	Azimut (°)	Longitud
S1	5	108	33
S2	5	-72	31

Tabla 7: Longitudes de los Strings.

El tipo de cable escogido para la instalación es el TECSUN (PV) (AS) PV1-F fabricado por PRYSMIAN, especialmente diseñado para instalaciones fotovoltaicas.

Dispone de las protecciones necesarias en el caso de que vaya a estar expuesto al aire libre.

Las características del cable escogido son las siguientes:

- Resistencia al ozono, EN 50396.
- Resistencia a la radiación ultravioleta, HD 506/A1-2.4.20.
- Resistente a la absorción de agua, DIN VDE 0473-811-1-3, DIN EN 60811-1-3.
- Resistencia al frío, DIN EN 60811-1-4.
- Resistencia a impactos, DIN EN 50305.
- Resistencia a la humedad en caliente, EN 60068-2-78.
- Resistencia a la contracción, EN 60811-1-3.
- Resistencia a la penetración dinámica, DKE/VDE 411.2.3.
- Resistencia a aceites minerales, DIN VDE 0473-811-2-1, DIN EN 60811-2-1.
- Resistencia a ácidos y bases, EN 60811-2-1.
- Muy robusto y resistente a la abrasión, DIN EN 53516.
- Resistencia a la hidrólisis y al amoníaco.

Está fabricado en cobre electrolítico enlatado. Una de las muchas ventajas de utilizar este tipo de cable, es que puede ser utilizado tanto en corriente continua como en corriente alterna. La instalación de los cables se hará sobre un sistema de bandejas porta cables, y se fijarán al suelo, de esta forma, dado que no hay muros en la cubierta, las bandejas se instalarán al suelo y se consigue que los cables no toquen el terreno.

Las secciones disponibles del cableado escogido son las siguientes:

TECSUN (PV) (AS) PV1-F

Sección nominal [mm ²]	Color	Diámetro del conductor [mm]	Diámetro exterior del cable Valor mínimo [mm]	Diámetro total del cable Valor máximo [mm]	Peso [kg/km]	Resistencia del conductor a 20 °C [Ω/km]	Intensidad admisible al aire (1) [A]	Caída de tensión (continua) [V/A km]
1x1,5	Ne, Az, Ro	1,6	4,4	4,8	29	13,7	25	26,5
1x2,5	Ne, Az, Ro	1,9	4,7	5,1	43	8,21	34	15,92
1x4	Ne, Az, Ro	2,4	5,2	5,6	58	5,09	46	9,96
1x6	Ne, Az, Ro	2,9	5,7	6,1	76	3,39	59	6,74
1x10	Ne	4,0	6,8	7,2	120	1,95	82	4
1x16	Ne	5,5	8,3	9,0	178	1,24	110	2,51
1x25	Ne	6,4	10,0	10,7	273	0,795	140	1,59
1x35	Ne	7,5	11,1	11,8	364	0,565	174	1,15
1x50	Ne	9	12,6	13,3	500	0,393	210	0,85
1x70	Ne	10,8	14,4	15,2	686	0,277	269	0,59
1x95	Ne	12,6	16,2	17	899	0,21	327	0,42
1x120	Ne	14,3	17,7	18,7	1131	0,164	380	0,34
1x150	Ne	15,9	19,7	20,7	1382	0,132	438	0,27
1x185	Ne	17,5	21,3	22,3	1669	0,108	500	0,22
1x240	Ne	20,5	24,2	25,5	2208	0,0817	590	0,17

(1) Instalación monofásica en bandeja al aire (40 °C). Con exposición directa al sol, multiplicar por 0,9.
Otros cables y accesorios para red de BT o AT consultar.

Ilustración 12: Secciones disponibles de cableado TECSUN.

2.6.- CABLEADO CORRIENTE CONTINUA.

Los conductores positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente. Los conductores serán de cobre y tendrán la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.

Aunque no hay normativa específica, la máxima caída de tensión en este circuito se dimensionará como máximo al 1,5 %, con el fin de no menoscabar el rendimiento de la instalación.

Solo hay corriente continua entre los módulos y el inversor y la conexión entre los propios módulos.

2.6.1.- CÁLCULO DE LA SECCIÓN MEDIANTE EL CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA:

- Potencia máxima (Pmax): 550 Wp
- Tensión a potencia máxima (Vmp): 41.70 V
- Intensidad a potencia máxima (Imp): 13,20 A
- Potencia total=550 W · 10 = 5500W
- Voltaje total= Vmp · número de módulos por línea:

Vmmp por seguidor MPPT	MÓDULOS	Vmp	TOTAL
Vmmp 1	5 Ud.	41,70 V	208,50 V
Vmmp 2	5 Ud.	41,70 V	208,50 V

Tabla 8: Voltajes según Strings

$V_{mmp\ Total} = 417\ V$

Cable seleccionado:

- $S = 1,5\ mm^2$
- XLPE
- Cobre
- 2 cables
- I máxima admisible = 25 A

Corrección por temperatura: $K = K1 \cdot K2 \cdot K3 = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 0,6885$

Se debe aumentar la intensidad un 25% : $I = 125\% \cdot I_{mp} = 1,25 \cdot 13,20 = 16,5A$

$$I\ corregida = \frac{I}{K} = \frac{16,5}{0,6885} = 23,97A$$

I máx del cable = $I \cdot K = 25 \cdot 0,6885 = 17,21A$

$23,97\ A > 17,21\ A \rightarrow$ **NO CUMPLE**

Como la sección de $1,5 \text{ mm}^2$ del cable no sirve, probamos con la de $2,5 \text{ mm}^2$:

Cable seleccionado:

- $S = 2,5 \text{ mm}^2$
- XLPE
- Cobre
- 2 cables
- $I \text{ máxima admisible} = 34 \text{ A}$

Corrección por temperatura: $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 0,6885$

Se debe aumentar la intensidad un 25% : $I = 125\% \cdot I_{mp} = 1,25 \cdot 13,20 = 16,5 \text{ A}$

$$I \text{ corregida} = \frac{I}{K} = \frac{16,5}{0,6885} = 23,97 \text{ A}$$

$$I \text{ máx del cable} = I \cdot K = 34 \cdot 0,6885 = 23,41 \text{ A}$$

$$23,97 \text{ A} > 23,41 \text{ A} \rightarrow \text{NO CUMPLE}$$

Como la sección de $2,5 \text{ mm}^2$ del cable no sirve, probamos con la de 4 mm^2 :

Cable seleccionado:

- $S = 4 \text{ mm}^2$
- XLPE
- Cobre
- 2 cables
- $I \text{ máxima admisible} = 46 \text{ A}$

Corrección por temperatura: $K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 = 0,9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 = 0,6885$

Se debe aumentar la intensidad un 25% : $I = 125\% \cdot I_{mp} = 1,25 \cdot 13,20 = 16,5 \text{ A}$

$$I \text{ corregida} = \frac{I}{K} = \frac{16,5}{0,6885} = 23,97 \text{ A}$$

$$I \text{ máx del cable} = I \cdot K = 46 \cdot 0,6885 = 31,67 \text{ A}$$

$$23,97 \text{ A} > 31,67 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Como la intensidad es la misma para todas las líneas, se asume que la sección mínima para las líneas será de 4 mm^2 en cada una de ellas.

2.6.2.- CÁLCULO DE LA SECCIÓN MEDIANTE EL CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN:

La caída de la tensión no puede ser superior al 1,5% y con un valor de tensión por línea de 417 V, tenemos una caída de tensión de:

$$\Delta V = 0,015 \cdot 417 = 6,26 \text{ V}$$

Sección mínima según el criterio de caída de tensión:

Para el tramo 1 S1 con $L = 33 \text{ m}$:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 33 \text{ m} \cdot 23,97 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6,26 \text{ V}} = 5,74 \text{ mm}^2$$

Para el tramo 2 S2 con $L = 31 \text{ m}$:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta V} = \frac{2 \cdot 31 \text{ m} \cdot 23,97 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6,26 \text{ V}} = 5,40 \text{ mm}^2$$

El criterio más restrictivo es el de caída de tensión máxima, por ende, se escoge la sección más próxima a $5,74 \text{ mm}^2$, resultando ser la de **6 mm^2** .

Ahora vamos a comprobar si con la sección escogida, no se sobrepasa la caída de tensión máxima permitida del 1,5%, para ello, usaremos la siguiente fórmula:

S1:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 33 \text{ m} \cdot 23,97 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6 \text{ mm}^2} = 5,99 \text{ V}$$

$$\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{5,99}{417} \cdot 100 = 1,44\%$$

$$1,44 \% < 1,5 \% \rightarrow \text{CUMPLE}$$

S2:

$$\Delta V = \frac{2 \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{2 \cdot 31\text{m} \cdot 23,97 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6 \text{ mm}^2} = 5,63\text{V}$$

$$\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{5,63}{417} \cdot 100 = 1,35\%$$

$$1,35 \% < 1,5 \% \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Una vez comprobadas todas las restricciones oportunas, se puede concluir que la **sección óptima** para cablear la parte que conectan los módulos con el inversor es de **6 mm²**.

2.7.- CABLEADO CORRIENTE ALTERNA.

Para la parte de corriente alterna, únicamente, se tiene un tramo, cuyo recorrido comprende desde la salida del inversor hasta el cuadro eléctrico, así como el de la red distribuidora.

Con el objetivo de dimensionar correctamente la sección del cable a emplear se debe tener en cuenta los siguientes datos:

- El voltaje es de 400 V al tratarse de una línea trifásica.
- La potencia es de 5,5 kW, ya que solo hay instalado un inversor, cuya potencia es de 6 kW.
- La intensidad será la máxima de salida del inversor, correspondiente a 6,4 A.

Como se ha comentado en apartados anteriores, el conductor a emplear va a ser el RZ1-K 0,6/1 kV.

La constante K1, en esta parte, no se tiene en cuenta, porque el cable no va a estar expuesto directamente al sol. La constante K2 tampoco se va a tener en cuenta, esto es debido a que se va a instalar una única manguera y no unipolares, entonces la agrupación de cables en la bandeja desaparece. La constante K3 sí que se debe tener en cuenta, porque la intensidad admisible de la siguiente captura se da para una temperatura ambiente de 40 °C.

2.7.1.- CÁLCULO DE LA SECCIÓN MEDIANTE EL CRITERIO DE INTENSIDAD MÁXIMA.

Cálculo de la sección mediante el criterio de intensidad máxima:

Cable seleccionado:

- $S = 6 \text{ mm}^2$
- XLPE
- Cobre
- 4 cables
- I máxima admisible = 32 A
- Intensidad que circula por el conductor sin corregir: 6,4 A

Tabla 1. Intensidades admisibles (A) al aire 40 °C. Nº de conductores con carga y naturaleza del aislamiento

A	Diagrama	Descripción	3x		2x		3x		2x						
			PVC	PVC	PVC	PVC	XLPE o EPR	XLPE o EPR							
A2		Cables multic conductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x PVC	2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR									
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR					
B2		Cables multic conductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra		3x PVC	2x PVC			3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR						
C		Cables multic conductores directamente sobre la pared					3x PVC	2x PVC		3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR				
E		Cables multic conductores al aire libre. Distancia a la pared no inferior a 0.3D						3x PVC		2x PVC	3x XLPE o EPR	2x XLPE o EPR			
F		Cables unipolares en contacto mutuo. Distancia a la pared no inferior a D						3x PVC				3x XLPE o EPR			
G		Cables unipolares separados mínimo D									3x PVC		3x XLPE o EPR		
			mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Cobre			1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-	
			2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-	-
			4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-	-
			6	25	26	30	32	36	37	-	44	49	57	-	-
			10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-	-
			16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-	-
			25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166	-
			35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206	-
			50		94	103	117	125	133	145	159	175	188	244	-
			70				149	160	171	188	202	224	244	321	-
			95				180	194	207	230	245	271	296	391	-
			120				208	225	240	267	284	314	348	455	-
150				236	260	278	310	338	363	404	525	-			
185				268	297	317	354	386	415	464	601	-			
240				315	350	374	419	455	490	552	711	-			
300				360	404	423	484	524	565	640	821	-			

Ilustración 13: Intensidades Admisibles ITC-19.

El cálculo es muy similar al realizado en el subapartado 2.6.1, cambia la constante K que en este caso tiene un valor de 0,90. La intensidad también debe aumentarse un 25%, quedando de la siguiente forma:

Se debe aumentar la intensidad un 25% : $I = 125\% \cdot I_{mp} = 1,25 \cdot 6,4 = 8 \text{ A}$

$$I \text{ corregida} = \frac{I}{K} = \frac{8}{0,9} = 8,89 \text{ A}$$

$$I \text{ máx del cable} = I \cdot K = 32 \cdot 0,9 = 28,8 \text{ A}$$

$$28,8 \text{ A} > 8,89 \text{ A} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Con una sección de **6 mm² sí que cumple**, ya que la intensidad que circula por el cable es menor a la intensidad máxima admisible de este.

2.7.2.- CÁLCULO DE LA SECCIÓN MEDIANTE EL CRITERIO DE CAÍDA DE TENSIÓN.

La caída de la tensión no debe ser superior al 2% y con un valor de tensión por línea de 400 V, ya que es trifásica. Se tiene una caída de tensión de:

$$\Delta V = 0,02 \cdot 400 \text{ V} = 8 \text{ V}$$

Según el criterio de tensión la sección mínima es la siguiente:

$$S = \frac{P \cdot L}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{6000 \text{ W} \cdot 15 \text{ m}}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 8 \text{ V} \cdot 400 \text{ V}} = 0,64 \text{ mm}^2$$

El criterio más restrictivo es el de intensidad máxima admisible, por ende, **se escoge la sección de 6 mm² calculada anteriormente.**

Ahora vamos a comprobar si con la sección escogida, no se sobrepasa la caída de tensión máxima permitida del 2%, para ello, usaremos la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} \cdot L \cdot I \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{\sqrt{3} \cdot 15 \text{ m} \cdot 8,89 \text{ A} \cdot 1}{44 \frac{\text{m}}{\Omega \cdot \text{mm}^2} \cdot 6 \text{ mm}^2} = 0,87 \text{ V}$$

$$\% = \frac{\Delta V}{V} \cdot 100 = \frac{0,87 \text{ V}}{400 \text{ V}} \cdot 100 = 0,22 \%$$

$$0,22 \% < 2 \% \rightarrow \text{CUMPLE}$$

Una vez hechas las comprobaciones, concluimos que **la sección idónea para el cableado de corriente alterna es de 6 mm².**

2.8.- PROTECCIÓN DE LA INSTALACIÓN.

Todas las instalaciones eléctricas, como norma, tienen que llevar unos elementos denominados protecciones, cuyo objetivo es el de proteger tanto a la propia instalación como a las personas de sobretensiones que puedan producirse por el desgaste de los elementos de dicha instalación, a costa de descargas atmosféricas u otros percances. Se instalarán protecciones magnetotérmicas, así como protecciones diferenciales para solucionar dichos problemas.

2.9.- DISEÑO DE LA PROTECCIONES DE CORRIENTE CONTINUA.

El sistema de protecciones deberá cumplir las exigencias previstas en la reglamentación vigente. La instalación incluirá:

Interruptor diferencial tipo A, con el fin de limitar la tensión de contacto entre cualquier persona y las masas metálicas de los equipos. El fabricante del inversor recomienda la instalación de diferenciales super inmunizados para evitar falsos disparos debidos a las fugas producidas por la electrónica del inversor.

Interruptor magnetotérmico para la protección de los equipos y la instalación frente un cortocircuito o sobrecarga.

Interruptor automático de la interconexión, para la desconexión-conexión automática de la instalación fotovoltaica en caso de pérdida de tensión o frecuencia de la red.

Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia y tensión según la tabla 1 del artículo 14 punto 1.d) del RD1699/2011:

Tabla 1

Parámetro	Umbral de protección	Tiempo máximo de actuación
Sobretensión –fase 1.	$U_n + 10\%$	1,5 s
Sobretensión – fase 2.	$U_n + 15\%$	0,2 s
Tensión mínima.	$U_n - 15\%$	1,5 s
Frecuencia máxima.	50,5 Hz	0,5 s
Frecuencia mínima.	48 Hz	3 s

Ilustración 14: Tabla de sobretensiones.

El rearme del sistema de conmutación y, por tanto, de la conexión con la red de baja tensión de la instalación fotovoltaica será automático, una vez restablecida la tensión de red por la empresa distribuidora.

Por normativa, el propio inversor incluye las protecciones de máxima y mínima tensión y frecuencia, junto al funcionamiento anti-isla y la separación galvánica.

2.10.-DISEÑO DE LAS PROTECCIONES PARA CORRIENTE ALTERNA.

Para el tramo de corriente alterna, se ha escogido el interruptor automático magnetotérmico, de 4 polos y curva C de 16 A y un interruptor diferencial 4 polos, 16 A, 30 mA y clase A. Se han escogido de esta manera porque la intensidad nominal es de 7,9 A que aplicando los factores de corrección se queda en 10,97 A. Estos elementos disponen de entradas para las 3 fases más el neutro.

Automático/Tri. I_n : 16 A. Térmico reg.

$$I_b \leq I_n \leq I_z$$

$$8,89 \leq 16 \leq 32 \text{ (A) todas la unidades} \rightarrow \text{CUMPLE}$$

$$I_2 \leq 1.45 \cdot I_z$$

$I_2 = 1.45 \cdot I_n$ (A) (para interruptores según UNE EN 60898 o UNE EN 61009).

Ok por condición anterior $I_n \leq I_z$

El diferencial por instalar será trifásico de 16 A Super inmunizado y sensibilidad 30mA.

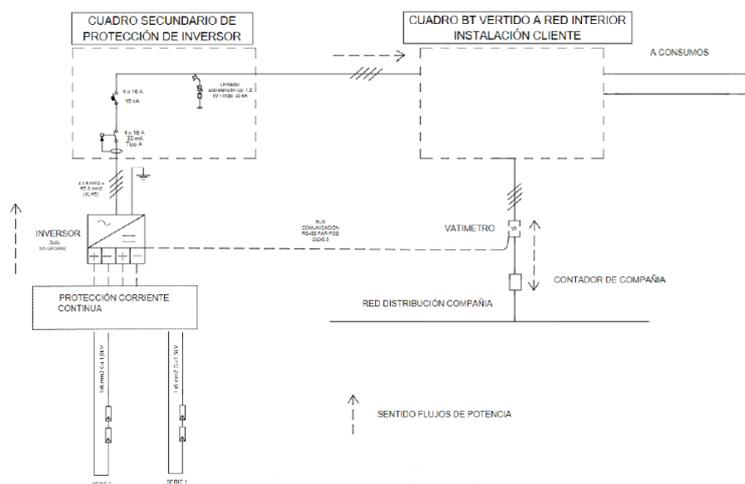


Ilustración 15: Esquema Unifilar.

2.11.-PUESTAS A TIERRA DE LA INSTALACIÓN.

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

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

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

Se ha establecido como valor de diferencia de potencial máximo en 24 V con la intención de evitar el daño material y personal, por encontrarse en un emplazamiento húmedo o mojado según la ITC-BT-18.

La sección escogida es la misma que el resto del cableado, de 6 mm².

En el esquema unifilar de corriente continua se aprecia como se hará la puesta a tierra.

2.12.-CAJAS DE PROTECCIÓN.

Dado a que los componentes de la instalación fotovoltaica estarán expuestos al ambiente, es necesario proteger dichos componentes del agua, polvo y cualquier otro agente externo capaz de dañarlos. Para ello, se utilizan cajas con un grado de protección elevado (IP 65).

Para el tramo de corriente continua se ha escogido una caja de conexión para inversores con múltiples MPPT de SWE Electronics, en concreto, el modelo WSDB-PV2/2 1000 V con unas dimensiones de 370x220x110 mm permitiendo realizar una segura y correcta instalación de los interruptores magnetotérmicos.



Ilustración 16: Caja de Protección CC.

Para el tramo de corriente alterna, se ha escogido una caja de protección AC para la salida del inversor en trifásica de AC Technideal, con unas dimensiones de 190x196x116 mm.



Ilustración 17: Caja de Protección AC.

2.13.-SUMINISTRO ELÉCTRICO.

Para determinar si la instalación es viable o no, se determina mediante simulación la energía producida a lo largo de todo el año, para ello se va a requerir otra vez el uso de la herramienta PVGIS con el objetivo de determinar la cantidad de energía producida por horas desde enero de 2015 hasta diciembre de 2020. Los datos que se van a introducir son la ubicación, inclinación de los módulos fotovoltaicos, potencia pico y para terminar el azimut. El dato de pérdidas, inicialmente, se ha considerado de un 14% para todas las configuraciones, pero una vez el PVGIS ha realizado los cálculos oportunos añade las pérdidas por ángulo de incidencia, baja irradiancia y temperatura, siendo este dato de un 23,41% de pérdidas totales teniendo en cuenta ambos azimuts.

S1:

Datos proporcionados:

Latitud/Longitud:	38.489,-0.434
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH3
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalado:	2.75 kWp
Pérdidas sistema:	14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación:	15 °
Ángulo de azimut:	108 °
Producción anual FV:	3651.35 kWh
Irradiación anual:	1739.33 kWh/m ²
Variación interanual:	94.05 kWh
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia:	-3.92 %
Efectos espectrales:	0.36 %
Temperatura y baja irradiancia:	-7.95 %
Pérdidas totales:	-23.66 %

S2:

Datos proporcionados:

Latitud/Longitud:	38.489,-0.434
Horizonte:	Calculado
Base de datos:	PVGIS-SARAH3
Tecnología FV:	Silicio cristalino
FV instalado:	2.75 kWp
Pérdidas sistema:	14 %

Resultados de la simulación

Ángulo de inclinación:	15 °
Ángulo de azimut:	-72 °
Producción anual FV:	3933.92 kWh
Irradiación anual:	1861.64 kWh/m ²
Variación interanual:	79.40 kWh
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia:	-3.16 %
Efectos espectrales:	0.41 %
Temperatura y baja irradiancia:	-8.11 %
Pérdidas totales:	-23.16 %

Ilustración 18: Pérdidas totales según PVGIS.

Dejamos el 14% de perdidas debido a que consideramos que con las pérdidas de los equipos, cableado está dentro del margen aceptable.

- Provincia: Alicante.
- Municipio: Busot CP 03111
- Latitud/Longitud: 38,489; -0,434
- Irradiación anual: 1.692,55 kWh/m²
- Zona climática: B según CTE.



Recurso Fotovoltaico. Número de horas de sol pico (HSP) sobre la superficie de paneles. (horas/ días; $G=1000W /m^2$)

HSP: Hora Solar Pico (HSP) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie. En resumen, si en este lugar existen 5 HSP, tenemos 5 horas de sol que está transmitiendo 1000W/m²

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
2,05	2,75	3,62	4,50	5,27	5,69	5,56	4,95	3,95	2,97	2,16	1,80

Tabla 9: Hora solar pico.

Total horas al año: 1253,75.

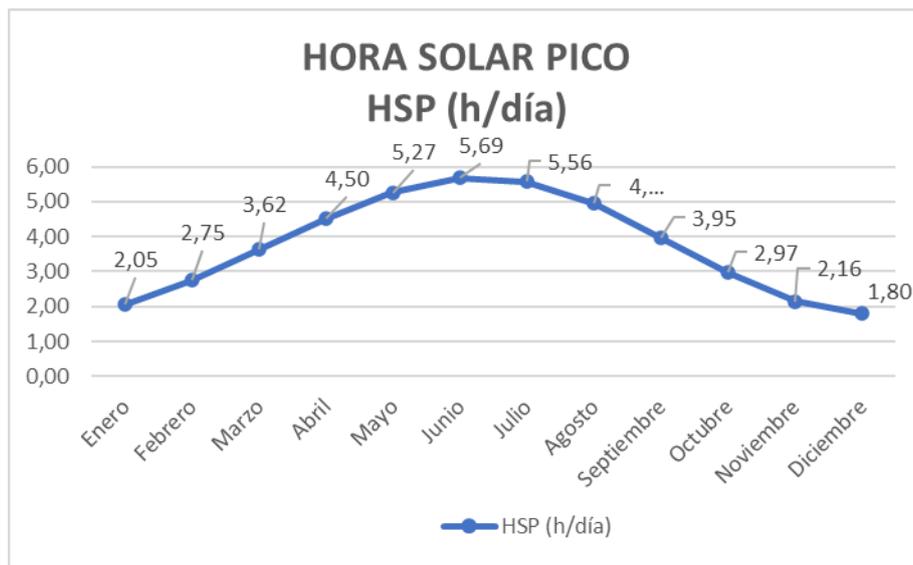


Ilustración 19: Grafico HSP anual.

Mes	Pot. pico mod.	Nº módulos fotov. Np	HSP (h/día)	Nº días/mes	Energía generada mod. fotov. Eg (kWh/mes)	Energía generada 70% mod. fotov. Eg (kWh/mes)	Energía generada 20% restante mod. fotov. Eg (kWh/mes)
Enero	550	10	2,05	31	349	245	105
Febrero	550	10	2,75	28	423	296	127
Marzo	550	10	3,62	31	618	433	185
Abril	550	10	4,50	30	743	520	223
Mayo	550	10	5,27	31	898	628	269
Junio	550	10	5,69	30	938	657	282
Julio	550	10	5,56	31	949	664	285
Agosto	550	10	4,95	31	845	591	253
Septiembre	550	10	3,95	30	652	457	196
Octubre	550	10	2,97	31	507	355	152
Noviembre	550	10	2,16	30	356	249	107
Diciembre	550	10	1,80	31	307	215	92
Total año:					7.585 kWh	5.310 kWh	2.276 kWh

Tabla 10: Energía Estimada anual.

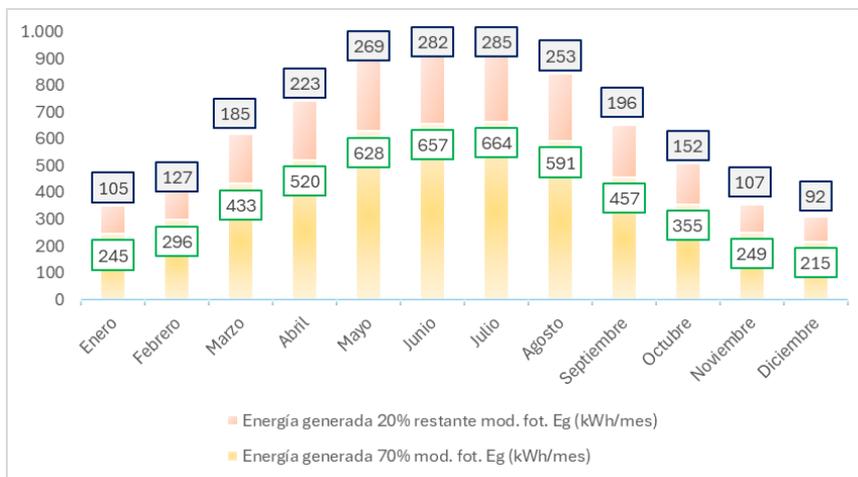
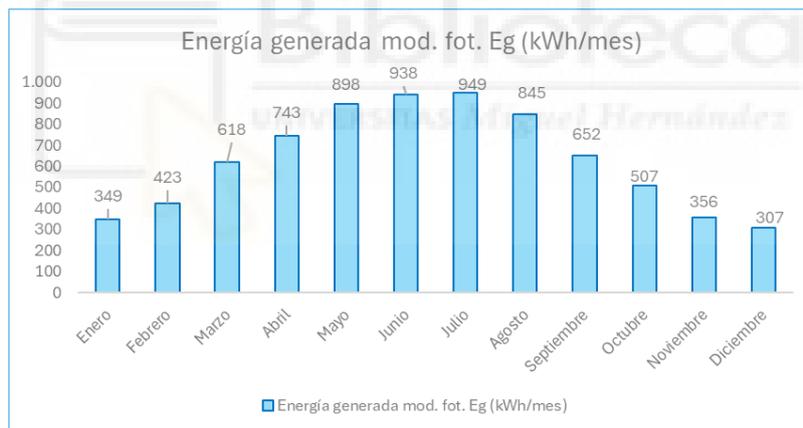


Ilustración 20: Gráfico Energía Estimada.

2.14.-CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO.

Las características de la instalación de autoconsumo es la siguiente:

- Tecnología que emplean los módulos: Paneles fotovoltaicos monocristalinos.
- Tipo de instalación: Modalidad de suministro con autoconsumo, vertido del excedente a red y sin acumulación.
- Sistema de acumulación: No dispone.
- Potencia pico de la instalación: 5,5 kWp.
- N.º total de módulos empleados: 10.
- Ángulo de inclinación de los módulos: 15º respecto de la horizontal.
- Criterio de dimensionado: Dimensionado con el objetivo de consumir la mayor cantidad de energía producida y verter a la red eléctrica el excedente.



2.15.-SISTEMA DE MONITORIZACIÓN Y ADQUISICIÓN DE DATOS.

Tanto el inversor como el vatímetro se conectarán entre si mediante bus RS 485 con protocolo Modbus RTU, así mismo el vatímetro cuenta con tres toroidales externos para poder medir las intensidades de los conductores de la derivación individual de la vivienda.

El inversor cuenta con una aplicación móvil que permitirá al usuario ver el consumo y la producción en tiempo real.



Ilustración 21: Vatímetro con toroidales Solís Modelo 3P-METERCTX3.

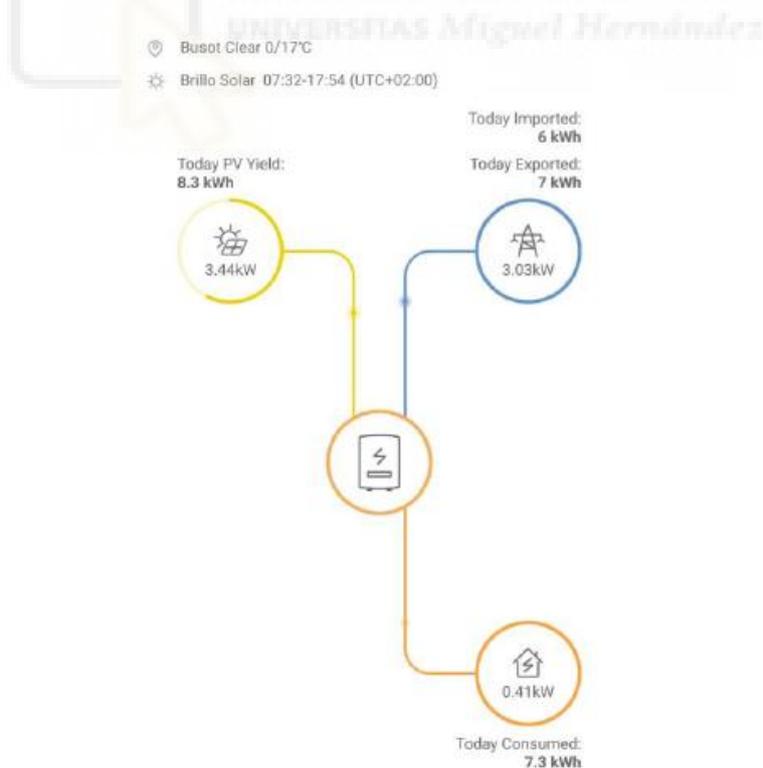


Ilustración 22: Ejemplo de visualización de la aplicación del fabricante Solís.

2.16.-PUNTO DE ACCESO Y CONEXIÓN A RED.

Como se trata de una instalación de autoconsumo con vertido a la red eléctrica, debe tener un punto de acceso y conexión al sistema de distribución. La instalación fotovoltaica se conectará al cuadro eléctrico de la planta baja y a su vez al cuadro de medida para poder verter los excedentes a la red eléctrica y recibir una compensación económica.

Realizar una instalación con excedentes sin compensación simplificada sería dar de alta la instalación como productora y esto conlleva unos trámites más complejos y, además, un pago mayor de impuestos que una instalación con excedentes con compensación simplificada.



2.17.-PRESUPUESTO.

A continuación, se detalla el presupuesto con el coste de los materiales sin IVA, para la instalación:

MATERIAL	UNIDAD	MEDICIÓN	COSTE UNITARIO	COSTE TOTAL
Paneles Fotovoltaicos	UD	10	142,90 €	1.429,00 €
Inversor + Monitorización + Optimizadores	UD	1	1.428,90 €	1.428,90 €
Estructura Coplanar	UD	10	57,85 €	578,46 €
Interruptor Magnetotérmico CC	UD	1	37,94 €	37,94 €
Interruptor Magnetotérmico AC	UD	1	43,95 €	43,95 €
Interruptor Diferencial CC	UD	1	37,95 €	37,95 €
Caja Protección CC	UD	1	149,95 €	149,95 €
Caja Protección AC	DU	1	199,00 €	199,00 €
Bandejas Cableado	M	81	7,84 €	635,04 €
Cableado CC	M	80	1,15 €	92,00 €
Cableado AC	M	18	14,51 €	261,18 €
Seguridad y Salud	UD	1	319,68 €	319,68 €
Legalización	UD	1	500,00 €	500,00 €
			TOTAL	5.713,05 €

Tabla 11: Presupuesto solo con los materiales.

A esto hay que añadirle el beneficio industrial que en el apartado del presupuesto esta más detallado.

2.18.-ANÁLISIS ECONÓMICO.

El análisis económico es una parte fundamental, ya que al realizarlo se puede comprobar si es rentable realizar la instalación o no.

Para poder ver si el proyecto es viable o no, se debe tener en cuenta los siguientes factores:

- Vida útil de los componentes
- Degradación de los elementos instalados
- Mantenimiento de la instalación
- Se cuenta como ingresos el dinero ahorrado por el autoconsumo de la instalación
- Aumento del IPC y del precio de la electricidad

Con el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno) es posible realizar una estimación del 'Cash Flow' o flujo de caja. Si al término de vida útil de la instalación, el VAN es superior a 0, significa que la inversión inicial para llevar a cabo el proyecto se ha recuperado y es rentable realizar la instalación.

El TIR es el tipo de interés por el cual el VAN se hace 0. Cuanto más alto sea el valor del TIR, más rentable es llevar a cabo el proyecto, ya que supone un retorno de la inversión inicial comparable a unos tipos de interés alto.

La fórmula del VAN es la siguiente:

$$\sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

- Vt = Flujo de caja en cada período t .
- I_0 = Inversión inicial.
- n = Número de períodos considerado.
- k = Tipo de interés.

Para la fórmula del TIR, nada más hay que igualar el VAN a 0 sin introducir el tipo de interés y de este modo, calcularlo.

Para el cálculo aproximado del retorno de la inversión, volveremos a utilizar la herramienta gratuita PVGIS (https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/).

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

Datos de partida:

Tomando como consideración que el 70 % del consumo se realiza en horario solar, y el 30% restante la compañía suministradora hasta 10kW está obligada a pagar el excedente fotovoltaico entre 8 y 10 céntimos, obtenemos los siguientes resultados:

TABLA ENERGÍA ESTIMADA:

Mes	Pot. pico mod.	Nº módulos fotov. Np	HSP (h/día)	Nº días/mes	Energía generada mod. fotov. Eg (kWh/mes)	Energía generada 70% mod. fotov. Eg (kWh/mes)	Energía generada 20% restante mod. fotov. Eg (kWh/mes)
Enero	550	10	2,05	31	349	245	105
Febrero	550	10	2,75	28	423	296	127
Marzo	550	10	3,62	31	618	433	185
Abril	550	10	4,50	30	743	520	223
Mayo	550	10	5,27	31	898	628	269
Junio	550	10	5,69	30	938	657	282
Julio	550	10	5,56	31	949	664	285
Agosto	550	10	4,95	31	845	591	253
Septiembre	550	10	3,95	30	652	457	196
Octubre	550	10	2,97	31	507	355	152
Noviembre	550	10	2,16	30	356	249	107
Diciembre	550	10	1,80	31	307	215	92
Total año:					7.585 kWh	5.310 kWh	2.276 kWh

Tabla 12: Energía estimada anual.

La potencia generada anual es de 7.585 kWh, sin embargo, solo consideramos el 70% que multiplicada por el precio de compra del kWh del cliente a 0,190 céntimo de euros y el 30% restante a 8 céntimos de euro el kWh.

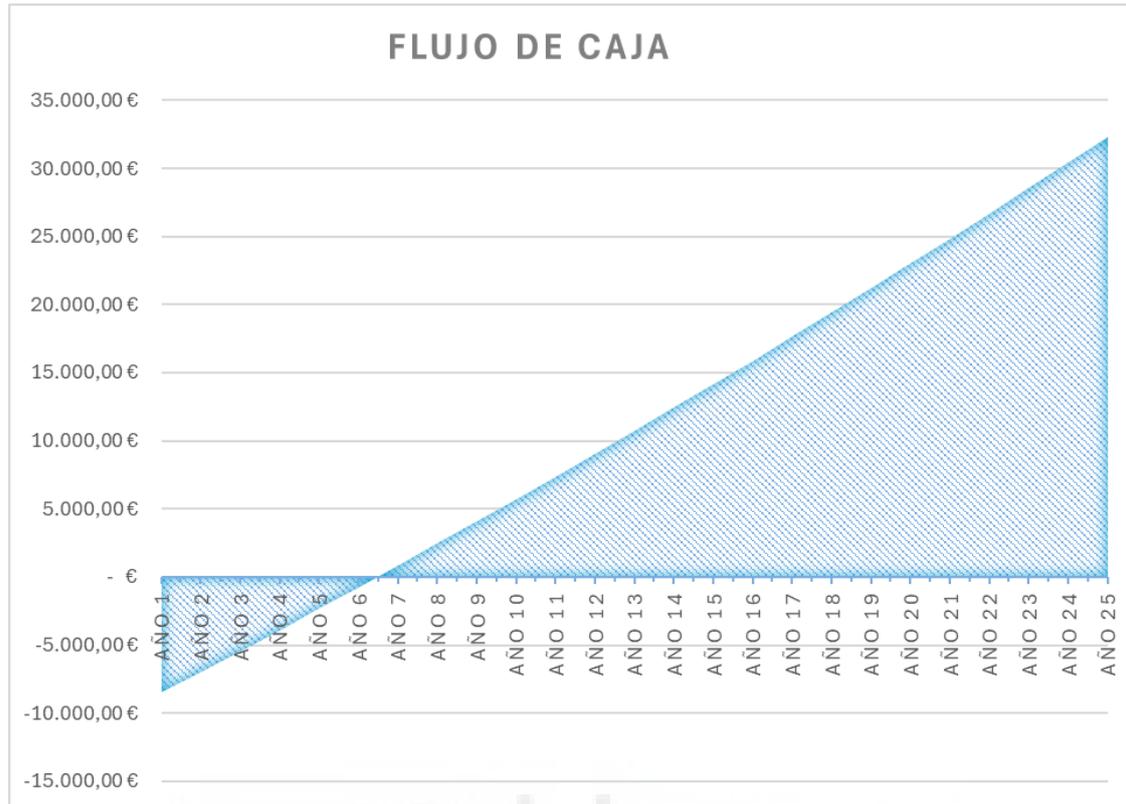


Ilustración 23: Cash Flow.

	AHORRO ANUAL	MANTENIMIENTO ANUAL	PERDIDAS DEL SISTEMA (8%)	FLUJO DE CAJA	INVERSIÓN INICIAL
AÑO 1	1.190,88 €	- 400,00 €	95,27	8.482,92 €	- 9.178,53 €
AÑO 2	1.203,08 €	- 404,100 €	96,25	6.971,99 €	
AÑO 3	1.215,41 €	- 408,200 €	97,23	5.445,61 €	
AÑO 4	1.227,87 €	- 412,300 €	98,23	3.903,66 €	
AÑO 5	1.240,46 €	- 416,400 €	99,24	2.346,04 €	
AÑO 6	1.253,17 €	- 420,500 €	100,25	772,62 €	
AÑO 7	1.266,02 €	- 424,600 €	101,28	816,71 €	
AÑO 8	1.278,99 €	- 428,700 €	102,32	2.422,09 €	
AÑO 9	1.292,10 €	- 432,800 €	103,37	4.043,63 €	
AÑO 10	1.305,35 €	- 436,900 €	104,43	5.681,45 €	
AÑO 11	1.318,73 €	- 441,000 €	105,50	7.335,68 €	
AÑO 12	1.332,25 €	- 445,100 €	106,58	9.006,44 €	
AÑO 13	1.345,90 €	- 449,200 €	107,67	10.693,87 €	
AÑO 14	1.359,70 €	- 453,300 €	108,78	12.398,09 €	
AÑO 15	1.373,63 €	- 457,400 €	109,89	14.119,23 €	
AÑO 16	1.387,71 €	- 461,500 €	111,02	15.857,43 €	
AÑO 17	1.401,94 €	- 465,600 €	112,15	17.612,81 €	
AÑO 18	1.416,31 €	- 469,700 €	113,30	19.385,51 €	
AÑO 19	1.430,82 €	- 473,800 €	114,47	21.175,67 €	
AÑO 20	1.445,49 €	- 477,900 €	115,64	22.983,42 €	
AÑO 21	1.460,31 €	- 482,000 €	116,82	24.808,90 €	
AÑO 22	1.475,27 €	- 486,100 €	118,02	26.652,25 €	
AÑO 23	1.490,40 €	- 490,200 €	119,23	28.513,62 €	
AÑO 24	1.505,67 €	- 494,300 €	120,45	30.393,14 €	
AÑO 25	1.521,11 €	- 498,400 €	121,69	32.290,95 €	

IPC		1,025%
MANTENIMIENTO	-	400,00 €
INVERSIÓN INICIAL	-	9.178,53 €
PERDIDAS DEL SISTEMA		8%

Tabla 13: Evolución del flujo de caja.

Como podemos observar en los datos anteriores, el retorno de la inversión de producirá aproximadamente al séptimo año de la realización de la inversión, siendo esta bastante razonable.

Con un retorno de la inversión de 7 años, nos encontramos en una recuperación de esta dentro del periodo de garantía de los principales equipos de la instalación, (paneles 12 años de garantía de producto, inversor 8 años de garantía de producto, estructura 20 años frente a defectos de fábrica y corrosión).



2.19.-CONCLUSIONES.

El presente trabajo se ha querido realizar debido a la peculiaridad de no disponer de un registro de datos de la compañía eléctrica, ni un archivo del contador y basarnos para dimensionar la instalación en la potencia de los equipos de la vivienda, potencia contratada con la compañía y espacio de la cubierta de la vivienda.

La energía renovable ya está en un nivel de maduración interesante por lo que hay que ver que innovaciones puede tener y sobre todo a que nivel pueden llegar a aumentar los rendimientos en los equipos. Hay que seguir apostando por métodos más sostenibles para la producción de energía y la fotovoltaica puede llegar a ser uno de ellos.

Finalmente, la instalación cuenta con una potencia de 5,5 kW que gracias a la meteorología de la zona conseguirá una generación considerable de energía eléctrica, logrando un ahorro económico en la factura eléctrica de una manera sostenible.

2.20.-BIBLIOGRAFÍA.

<https://elalmacenfotovoltaico.com/es/paneles-solares/741-canadian-solar-hiku-cs6w-550ms.html>

<https://elalmacenfotovoltaico.com/es/inversor-conexion-a-red/555-solis-s6-gr1p4k-monofasico-2mppt-4000w.html>

<https://elalmacenfotovoltaico.com/es/accesorios-inversores/493-meter-solis-dtsd-1352-c-trifasico-con-ct-medida-indirecta.html>

<https://www.mundosolar.es/solar-fotovoltaica/sunfer-set-estructura-coplanar-para-cubierta-de-teja-atornillado/>

<https://iluminashop.com>

<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DccHE.pdf>

<https://www.codigotecnico.org/>

<https://www.miteco.gob.es/es/energia/eficiencia/rite.html>

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

<https://www.uco.es/electrotecnia-etsiam/reglamentos/REBT-ITC.htm>

<https://www.une.org/>

<https://www.crecenegocios.com/van-y-tir/>

<https://www.google.es/imghp?hl=es&ogbl>



3.- ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

3.1.- OBJETO DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El siguiente Estudio Básico de Seguridad y Salud tiene por objeto servir de base para que las empresas contratistas y otras cualesquiera que participen en la ejecución de las obras a las que hace referencia el proyecto en el que se encuentra incluido este Estudio Básico, las lleven a efecto en las condiciones que deban alcanzarse respecto a garantizar el mantenimiento de la salud, la integridad física y la vida de los trabajadores de dichas obras, cumpliendo así lo que prescribe el R.D. 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en las Obras de Construcción, y el resto de la normativa complementaria y de aplicación.

3.2.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

El presente Estudio de Seguridad y Salud se refiere al Proyecto de “DISEÑO DE INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR”, cuyos datos generales son:

MUNICIPIO	BUSOT (ALICANTE)
PROMOTOR	MARIO RAMÓN MIRALLES
AUTOR DEL PROYECTO	JORGE S. CORONEL JURADO
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	9.178,53 €
PLAZO DE EJECUCIÓN	1 mes
REDACTOR DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	JORGE S. CORONEL JURADO

3.3.- JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

El Real Decreto 1627/1997 de 24 del Octubre, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, establece en el apartado 2 del Artículo 4 que en los proyectos de obra no incluidos en los supuestos previstos en el apartado 1 del mismo Artículo, el promotor estará obligado a que en la fase de redacción del proyecto se elabore un Estudio Básico de Seguridad y Salud.

Por lo tanto, hay que comprobar que se dan todos los supuestos siguientes:

- El Presupuesto de Ejecución por Contrata (PEC) es inferior a 450.000 €.
 - PEM = Presupuesto de Ejecución Material = 7.713,05 €
 - PEC: = Presupuesto de Ejecución por contrata = 9.178,53 €.

- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborales, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente.
 - La duración estimada para las obras es de 28 días laborales, no estando previsto el empleo simultáneo de más de veinte trabajadores.

- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500.
 - El volumen de mano de obra estimada para el total de los trabajadores no es superior a 500 jornadas.
 - No es una obra de túneles, galerías, conducciones subterráneas o presas.

Como solamente se cumple uno de los supuestos previstos en el apartado 1 del Artículo 4 del R.D. 1627/1997, se redacta el presente ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD.

3.4.- DESCRIPCIÓN DE LA OBRA.

La obra se ejecutará en el municipio de Busot, concretamente en calle Carrasqueta número 89C.

La instalación solar fotovoltaica para autoconsumo que se pretende construir, se realizará en la cubierta de la vivienda.

El acceso a la cubierta de la vivienda se realizará mediante escaleras que permiten su acceso.

3.5 INTERFERENCIA CON SERVICIOS.

Las interferencias con servicios de todo tipo son causa frecuente de accidentes, por ello se considera de vital importancia detectar su exigencia y localización, con el fin de poder evaluar y delimitar los diversos riesgos.

Los servicios afectados de cuya existencia tengamos noticias serán correctamente ubicados y señalizados, desviándose los mismos, si ello es posible; pero en aquellas ocasiones en que sea necesario trabajar sin dejar de dar determinado servicio, se adoptarán otras medidas preventivas reflejadas en este estudio de seguridad y salud.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

En la realización de las obras, no es necesario el corte del acceso de vehículos y de peatones al edificio, ya que la obra se desarrollará en una zona del edificio no expuesta al tráfico de vehículos ni de peatones. Para las instalaciones de enlace, conexión en cuadro de contador actual, etc. que sí precise el corte de estos, se procederá mediante soluciones provisionales debidamente señalizadas.

Las interferencias detectadas son:

- Canalizaciones eléctricas

3.6. FASES/ACTIVIDADES PREVISTAS EN LA OBRA.

A continuación, se indican las principales fases de la obra:

- Actuaciones previas

Se consideran actuaciones previas al inicio de la obra, como la colocación de señales de obra, acometidas de electricidad y agua, instalación de casetas provisionales o vallado del recinto entre otras. También se incluye el replanteo de la obra y el acopio de los materiales.

- Estructura metálica

Se considera como estructura metálica al montaje de la estructura prefabricada de aluminio, así como los elementos necesarios para poder fijar los paneles fotovoltaicos a la cubierta. En este caso al ser una cubierta de grava, se hará uso de contrapesas para poder fijar los paneles a éstas.

- Instalación eléctrica

Se consideran trabajos de electricidad a la instalación de mecanismos, circuitos, elementos de corte y seguridad necesarios para el correcto funcionamiento de la instalación.

Instalación de paneles fotovoltaicos

Se consideran como trabajos de instalación de paneles fotovoltaicos, a la fijación de estos a la estructura, así como a la conexión eléctrica de estos para el correcto funcionamiento de la instalación.

3.7. MAQUINARIA PREVISTA EN LA OBRA.

La maquinaria que se va a emplear para la ejecución de la obra es la siguiente:

- Camión grúa
- Sierra radial eléctrica
- Herramientas manuales
- Taladro portátil

3.8. IDENTIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES.

Al inicio de los trabajos, se revisarán diariamente, todos los medios de protección colectiva, reparando o reponiendo los que se encuentren deteriorados. Así mismo, cuando se entreguen los equipos de protección individual a los trabajadores de la obra, se le entregarán también unas normas de actuación durante su estancia en la obra, indicando la obligatoriedad del uso de los EPIS.

3.9. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR FASES/ACTIVIDADES DE OBRA.

La secuencia de trabajos será la siguiente:

- Actuaciones previas
- Estructura metálica con contrapesas para fijación de los paneles
- Instalación paneles fotovoltaicos
- Instalación eléctrica

A continuación, se identifican y analizan los riesgos por fases de obra:

Actuaciones previas

Riesgos y causas:

- Atropellos originados por maquinaria
- Generación de polvo
- Sobreesfuerzos
- Aplastamiento de articulaciones
- Vuelcos o deslizamientos de vehículos
- Desplome del material acopiado
- Caídas en el mismo nivel de protección colectiva:

- Vallado de la obra
- Señalización
- Tapado de zanjas de acometidas por medio de tablas.

Equipos de protección individual:

- Chaleco reflectante
- Botas de seguridad
- Guantes de uso general
- Casco homologado

Medidas preventivas:

- Se realizará un reconocimiento del terreno comprobando que no existe ningún riesgo que no esté previsto en este estudio básico de seguridad y salud.
- Se observarán las instalaciones existentes para confirmar la existencia de instalaciones enterradas en la obra.
- Se realizará el vallado de la obra, para impedir la entrada a la misma, dejando puertas los accesos peatonales y de vehículos de obra, permitiendo la circulación de peatones.
- En cada fase de obra se colocarán las señales de obra necesarias, existiendo una coordinación entre ellas y la actividad a desarrollar.

Se comprobará que existen los siguientes documentos:

- Plan de seguridad y salud, aprobado y visado por el coordinador de seguridad y salud en fase de obra.
- Libro de incidencias, firmado y sellado por el coordinador y la empresa adjudicataria.
- Libro de subcontratación, habilitado por la autoridad laboral competente.
- Comunicación de apertura del centro de trabajo.

Estructura metálica con contrapesas para fijación de los paneles

Riesgos y causas:

- Ruido
- Caídas al mismo o distinto nivel
- Proyección de objetos
- Golpes o cortes con objetos o máquinas

- Pisada sobre objetos punzantes
- Caída de objetos o máquinas
- Contactos eléctricos directos por mala conservación de máquinas eléctricas
- Sobreesfuerzos trabajo de rodillas, agachado o doblado

Equipos de protección colectiva:

- Señalización
- Iluminación adecuada
- Barandilla de protección de perímetros de cubiertas, compuesta por guardacuerpos metálicos cada 2,5 m
- Utilizar maquinaria con marcado CE provistas de todos los elementos de seguridad necesarios

Equipos de protección individual:

- Ropa aislante
- Casco aislante
- Botas de seguridad aislantes
- Guantes y manoplas de material aislante
- Traje impermeable material plástico sintético
- Línea horizontal de seguridad
- Cinturones de sujeción o anticaídas de altura
- Cinturón portaherramientas
- Protecciones auditivas contra el ruido
- Gafas protectoras de ojos y cara
- Casco homologado
- Botas de seguridad
- Guantes de uso general

Medidas preventivas:

- La iluminación mediante portátiles se hará con portalámparas estancos con mango aislante y rejilla de protección de la bombilla. La energía eléctrica los alimentará a 24 V.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

- Las zonas de trabajo han de tener una iluminación mínima de 100 lux, medidos a una altura sobre el suelo en torno a los dos metros.

- Estará prohibido el trabajo en un nivel inferior al tajo.

- Estará prohibido el conexionado de cables eléctricos a los cuadros de alimentación sin utilizar las clavijas macho – hembra.

Instalación de paneles fotovoltaicos

Riesgos y causas:

- Contactos eléctricos indirectos

- Contactos eléctricos directos por mala conservación de máquinas eléctricas

- Sobreesfuerzos trabajo de rodillas, agachado o doblado

- Pisada sobre objetos punzantes

- Proyección de objetos

- Golpes o cortes con objetos o máquinas

- Caída de objetos o máquinas

- Caídas al mismo o distinto nivel

- Exposición a condiciones meteorológicas adversas como frío, calor intenso, exposición a la intemperie

- Corrientes de aire

- Piso resbaladizo

Equipos de protección colectiva:

- Red vertical de seguridad de malla de poliamida de 10x10 cm de paso, atada con cuerda D=3 mm en módulos de 10x5 m

- Señalización

- Barandilla de protección de perímetros de forjados, compuesta por guardacuerpos metálicos cada 2,5 m

Equipos de protección individual:

- Botas de seguridad aislantes

- Ropa aislante

- Casco aislante

- Guantes y manoplas de material aislante

- Traje impermeable material plástico sintético

- Línea horizontal de seguridad

- Cinturones de sujeción o anticaídas de altura
- Cinturón portaherramientas
- Protecciones auditivas contra el ruido
- Gafas protectoras de ojos y cara
- Casco homologado
- Botas de seguridad
- Guantes de uso general

Medidas preventivas:

- Como primera medida a ejecutar, se ejecutarán los petos y recercados de los huecos que existan.
- Los paneles se acopiarán repartidos por los faldones para evitar sobrecargas.
- Se paralizarán todos los trabajos sobre cubiertas cuando existan vientos superiores a 60 km/h, lluvia, helada y nieve.
- Estará prohibida la circulación bajo cargas suspendidas.
- Además de lo anterior se comprobará que:
 - Los operarios tienen los EPIS correspondientes para la realización de las tareas, y que vienen definidos en el Plan de Seguridad y Salud.
 - Utilicen correctamente los EPIS, definidos anteriormente.
 - El estado de anclaje de las líneas de vida está en servicio.
 - Se mantiene la limpieza y el orden en la obra.
 - Los operarios que realizan el trabajo son cualificados para esta tarea.
 - En los bordes de los forjados se colocan redes de seguridad.
 - No se acopia el material al borde del forjado.
 - La iluminación en el tajo es la apropiada.
 - Se guarda la distancia de seguridad con líneas eléctricas aéreas.

Instalación eléctrica

Riesgos y causas:

- Cortocircuitos y arco eléctrico
- Contactos eléctricos indirectos
- Contactos eléctricos directos
- Golpes, cortes o atrapamientos con objetos o máquinas
- Caídas al mismo o distinto nivel

Equipos de protección individual:

- Botas de seguridad aislantes
- Ropa aislante
- Casco aislante
- Guantes y manoplas de material aislante

Medidas preventivas:

Trabajos sin tensión:

- Antes de comenzar la aplicación del procedimiento para suprimir la tensión es necesario un paso previo: la identificación de la zona y de los elementos de la instalación donde se va a realizar el trabajo. Esta identificación forma parte de la planificación del trabajo.

- En instalaciones complejas, para evitar confusiones debidas a la multitud de equipos y redes existentes, se recomienda diseñar procedimientos por escrito, para llevar a cabo las operaciones destinadas a suprimir la tensión.

- A continuación, se desarrollará el proceso en cinco etapas mediante el cual se suprime la tensión de la instalación donde se van a realizar los ‘trabajos sin tensión’, conocido como ‘las cinco reglas de oro’:

- Desconectar
- Prevenir cualquier posible realimentación
- Verificar la ausencia de tensión
- Poner a tierra y en cortocircuito
- Proteger frente a elementos próximos en tensión, en su caso, y establecer una señalización de seguridad para delimitar la zona de trabajo.

Reposición de la tensión:

- En general, para restablecer la tensión se seguirá el proceso inverso al empleado para suprimir la tensión:

- Retirada, si las hubiera, de las protecciones adicionales y de la señalización que indica los límites de la zona de trabajo.
- Retirada, si la hubiera, de la puesta a tierra y en cortocircuito, empezando por retirar las pinzas de los elementos más próximos y al final de la pinza de la puesta a tierra.
- Desbloqueo y/o la retirada de la señalización de los dispositivos de corte.
- Cierre de los circuitos para reponer la tensión.

Es preciso extremar las precauciones antes de comenzar dichas etapas. En el transcurso de las citadas operaciones debe prestarse especial atención a los siguientes aspectos:

- Notificación previa a todos los trabajadores involucrados de que va a comenzar la reposición de la tensión.
- Comprobación de que todos los trabajadores han abandonado la zona, salvo los que deban actuar en la reposición de la tensión.
- Asegurarse de que han sido retiradas la totalidad de las puestas a tierra y en cortocircuito.
- Informar, en su caso, al responsable de la instalación de que se va a realizar la conexión.
- Accionar los aparatos de maniobra correspondientes.

Trabajos con tensión:

- Los trabajos en tensión deberán ser realizados por trabajadores cualificados, siguiendo un procedimiento previamente estudiado y, cuando su complejidad o novedad lo requiera, ensayado sin tensión, y que se ajuste a los requisitos indicados a continuación.
- Los trabajos en lugares donde la comunicación sea difícil, por su orografía, confinamiento u otras circunstancias, deberán realizarse estando presentes, al menos, dos trabajadores con formación en materia de primeros auxilios.

- Principales precauciones que deberán ser adoptadas:

- Mantener las manos protegidas mediante guantes aislantes adecuados.
- Realizar el trabajo sobre una alfombra o banqueta aislantes que, asimismo, aseguren un apoyo seguro y estable.
- Usar herramientas aisladas, específicamente diseñadas para estos trabajos.
- Aislar, en la medida de lo posible, las partes activas y elementos metálicos en la zona de trabajo mediante protectores adecuados (fundas, capuchones, películas plásticas aislantes, etc.). Entre los equipos y materiales citados se encuentran:
 - Los accesorios aislantes (pantallas, cubiertas, etc.) para el recubrimiento de partes activas o masas.
 - Los útiles aislantes o aislados (herramientas, pinzas, etc.).
 - Los dispositivos aislantes o aislados (banquetas, alfombras, plataformas de trabajo, etc.).

- Los equipos de protección individual frente a riesgos eléctricos (guantes, gafas, cascos, etc.).

- Los equipos y materiales para la realización de trabajos en tensión se elegirán teniendo en cuenta:

- Las características del trabajo y de los trabajadores.
- La tensión de servicio, y se utilizarán, mantendrán y revisarán siguiendo las instrucciones de su fabricante.

- Los trabajadores dispondrán de un apoyo sólido y estable, que les permita tener las manos libres, y de una iluminación que les permita realizar su trabajo en condiciones de visibilidad adecuadas. Los trabajadores no llevarán objetos conductores, como por ejemplo pulseras, relojes, cadenas o cierres de cremallera metálicos que puedan contactar accidentalmente con elementos de tensión.

- La zona de trabajo deberá señalizarse y/o delimitarse adecuadamente, siempre que exista la posibilidad de que otros trabajadores o personas ajenas penetren en dicha zona y accedan a elementos en tensión, o puedan interferir en los trabajos, provocar distracciones, sobresaltos, etc.

- En la realización de trabajos al aire libre se deberán tener en cuenta las posibles condiciones ambientales desfavorables, de forma que el trabajador quede protegido en todo momento. Los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de

tormenta, lluvia o viento fuerte, nevadas, o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad, o la manipulación de las herramientas. Los trabajos en instalaciones interiores directamente conectadas a líneas aéreas eléctricas se interrumpirán en caso de tormenta.

- La reposición de fusibles en instalaciones de baja tensión:

- No será necesario que la efectúe un trabajador cualificado, pudiendo realizarla un trabajador autorizado, cuando la maniobra del dispositivo porta fusible conlleve la desconexión del fusible y el material de aquel ofrezca una protección completa contra los contactos directos y los efectos de un posible arco eléctrico.

- Se realizará mediante el uso del útil normalizado adecuado a cada tipo de fusible, queda prohibido expresamente el uso de alicates para tal cometido.

- Se procurará, en la medida de lo posible, realizar “sin carga” o con la menor carga posible, para evitar la producción de arcos eléctricos.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

- Se recomienda, durante los trabajos en tensión, no hablar por teléfono, ni portar móviles que pudieran “sorprender” al activarse, al trabajador durante la realización de estos.

- De los EPIS necesarios durante los trabajos en tensión en baja tensión, destacan, los guantes dieléctricos, que deben cumplir una serie de requisitos:

Marcas obligatorias:

- Símbolo (doble triángulo)
- Nombre, marca registrada o identificación del fabricante
- Categoría, si procede
- Talla
- Clase
- Mes y año de fabricación
- Marca

Cada guante deberá llevar alguno de los siguientes sistemas:

- Una banda rectangular o una banda sobre la que puedan perforarse agujeros, o bien, otra marca cualquiera apropiada que permita conocer las fechas de puesta en servicio, verificaciones y controles periódicos.

Recomendaciones para la utilización de los guantes:

Para la correcta utilización de los guantes se tendrán presentes las indicaciones del fabricante.

A título orientativo se pueden señalar las siguientes:

Almacenamiento

Los guantes se deben almacenar en su embalaje.

Se tendrá cuidado de que los guantes no se aplasten, ni se doblen, ni se coloquen en las proximidades de radiadores u otras fuentes de calor artificial o se expongan directamente a los rayos del sol.

3.10. ANÁLISIS DE LOS RIESGOS LABORALES CLASIFICADOS POR MAQUINARIA UTILIZADA EN LA OBRA.

Camión grúa

Riesgos y causas:

- Golpes por la carga a paramentos
- Desplome de la carga
- Atropello de personas
- Quemaduras en trabajos de reparación o mantenimiento
- Incendios por sobretensión
- Contacto eléctrico de la pluma con líneas aéreas
- Aplastamiento por caída de carga suspendida
- Corrimientos de tierra inducidos en excavaciones próximas
- Caídas al subir o bajar a la zona de mandos
- Atrapamientos por útiles o transmisiones
- Vuelco del camión grúa
- Accidentes en trayecto hacia el punto de trabajo

Medidas preventivas:

- Las cargas en suspensión para evitar golpes y balanceos se guiarán mediante cabos de gobierno.
- Se prohíbe arrastrar cargas con el camión grúa.
- Se prohíbe realizar suspensión de cargas de forma lateral cuando la superficie de apoyo del camión esté inclinada hacia el lado de la carga, en previsión de los accidentes por vuelco.
- Se prohíbe sobrepasar la carga máxima admisible fijada por el fabricante del camión en función de la extensión brazo - grúa.
- Se prohíbe la permanencia de personas en torno al camión grúa a distancias inferiores a 5 m.
- Se prohíbe la permanencia bajo las cargas en suspensión.
- Mantenga la máquina alejada de terrenos inseguros, propensos a hundimientos.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

- Evite pasar el brazo de la grúa sobre el personal.
- Suba y baje del camión grúa por los lugares previstos para ello.
- Asegure la inmovilización del brazo de la grúa antes de iniciar ningún desplazamiento.
- No permita que nadie se encarama sobre la carga.
- Limpie sus zapatos del barro o grava que pudieran tener antes de subir a la cabina. Si se resbalan los pedales durante una maniobra o durante la marcha, puede provocar accidentes.
- Nunca realice arrastres de carga o tirones sesgados.
- No intente sobrepasar la carga máxima autorizada para ser izada.
- Levante una sola carga cada vez.
- Asegúrese de que la máquina está estabilizada antes de levantar cargas. Ponga en servicio los gatos estabilizadores totalmente extendidos, es la posición más segura.
- No abandone la máquina con la carga suspendida.
- No permita que haya operarios bajo las cargas suspendidas.
- Evite el contacto con el brazo telescópico en servicio, puede sufrir atrapamientos.
- Antes de poner en servicio la máquina, compruebe todos los dispositivos de frenado.
- Utilice siempre las prendas de protección que se le indiquen en la obra.
- El conductor tendrá prohibido dar marcha atrás sin la presencia y ayuda de un señalista, así como abandonar el camión con una carga suspendida.
- Todos los ganchos de cuelgue, aparejos, balancines y eslingas o estribos dispondrán siempre de pestillos de seguridad.
- El gruista tendrá siempre a la vista la carga suspendida y, si ello no fuera posible en alguna ocasión, todas sus maniobras estarán dirigidas por un señalista experto.
- No se permitirá que persona alguna ajena al operador acceda a la cabina del camión o maneje sus mandos.
- El camión grúa nunca deberá estacionar o circular a distancias inferiores a los 2 m del borde de excavaciones o de cortes del terreno.

Sierra radial eléctrica

Riesgos y causas:

- Ruido
- Abrasiones

- Cortes o amputaciones
- Contactos térmicos
- Conexión mediante hilos desnudos
- Anulación de protecciones
- Contactos eléctricos directos

Equipos de protección individual:

- Mascarilla con filtro mecánico recambiable, contra las partículas de polvo
- Guantes de cuero
- Gafas de seguridad
- Protectores auditivos
- Calzado de seguridad

Medidas preventivas:

- Antes de depositar el aparato en el suelo, desconectarlo y esperar a que se pare.
- Apagar y desenchufar los equipos antes de realizar cualquier operación de mantenimiento, cambio de disco, etc.
- Bajo ningún concepto se conectará ningún aparato eléctrico a la red mediante hilos desnudos.
- Comprobar siempre el estado del disco a utilizar.
- Cualquier tipo de anomalía en el aislamiento de la máquina será puesto en conocimiento de un responsable para su retirada.

- Las labores de mantenimiento y reparación de la máquina se llevarán a cabo siempre por personal experto.
- No someter al disco a sobreesfuerzos laterales de torsión o aplicación de una presión excesiva.
- No usar aparatos eléctricos con las manos mojadas o sobre superficies húmedas.
- No utilizar la máquina en posturas que obliguen a mantenerla por encima del nivel de los hombros, ya que, en caso de pérdida de control, las lesiones pueden afectar a la cara, pecho o extremidades superiores.
- Prohibido dejar la sierra abandonada en el suelo.
- Prohibido usar discos deteriorados o rotos.

- Usar siempre el disco adecuado al material que se va a cortar.
- Usar siempre en lugares ventilados.
- Prohibido usar la radial sin los elementos de protección.

Taladro portátil

Riesgos y causas:

- Rotura de la broca
- Proyección de fragmentos o partículas
- Cortes o golpes por objetos o herramientas
- Contactos térmicos
- Conexión mediante hilos desnudos
- Anulación de protecciones
- Contactos eléctricos directos

Equipos de protección individual:

- Guantes de cuero
- Gafas de seguridad
- Calzado de seguridad

Medidas preventivas:

- Comprobar el cable de conexión eléctrica, de forma que no existan empalmes, ni conexiones inadecuadas.
- Se deberá desconectar el taladro de la red eléctrica, para sustituir la broca.
- En caso de ser necesario orificios de mayor diámetro, se debe cambiar la broca por otra de mayor sección, nunca intentar aumentar el orificio con movimientos oscilatorios del taladro.
- La reparación de los taladros se realizará por personal especializado.
- No utilizar la broca de forma inclinada.
- Para cambiar la broca, debe utilizarse la llave para tal fin.
- Utilizar la broca adecuada al material a taladrar.
- Se comprobarán diariamente el buen estado de los taladros, retirando de la obra aquellos que ofrezcan deterioros que impliquen riesgos para los operarios.

Herramientas manuales

Riesgos y causas:

- Ruido
 - Golpes y/o cortes con objetos punzantes
 - Cuerpos extraños en ojos
 - Contactos eléctricos directos o indirectos
 - Caídas de personas al mismo nivel
 - Caída de objetos y/o de máquinas
 - Caídas al mismo nivel por tropiezo
 - Caída de las herramientas a distinto nivel
 - Riesgo por impericia
 - Proyecciones de objetos y/o fragmentos
 - Quemaduras físicas y químicas
- Equipos de protección individual:
- Cinturón de seguridad para trabajos en altura
 - Calzado con puntera reforzada
 - Guantes de cuero
 - Protecciones auditivas y oculares, en caso necesario
 - Casco homologado
- Medidas preventivas:
- Las herramientas se utilizarán sólo en aquellas operaciones para las que han sido concebidas y se revisarán siempre antes de su empleo, desechándose cuando se detecten defectos en su estado de conservación. Se mantendrán siempre limpias de grasa u otras materias deslizantes y se colocarán siempre en los portaherramientas o estantes adecuados, evitándose su depósito desordenado o arbitrario o su abandono en cualquier sitio o por los suelos
 - Todas las herramientas eléctricas, estarán dotadas de doble aislamiento de seguridad.
 - No se usará una herramienta eléctrica sin enchufe, si hubiera necesidad de emplear mangueras de extensión éstas se harán de la herramienta al enchufe y nunca a la inversa.
 - La desconexión de las herramientas, no se hará con un tirón brusco.

- Estarán acopiadas en el almacén de obra, llevándolas al mismo una vez finalizado el trabajo, colocando las herramientas más pesadas en las baldas más próximas al suelo.
- Los trabajos con estas herramientas se realizarán siempre en posición estable.
- En su manejo se utilizarán guantes de cuero o de PVC y botas de seguridad, así como casco y gafas anti-proyecciones, en el caso de que sea necesario.

3.11. INSTALACIONES DE SALUBRIDAD.

En la obra está prevista una media de unos 3 o 4 trabajadores, por lo que no está previsto la instalación de una caseta provisional para vestuario e inodoros. Para ello, se usarán los aseos y vestuarios de las oficinas, con la previa aprobación del coordinador de seguridad y salud y de la empresa. En el caso de que no sea aprobado su uso por la empresa o el coordinador de seguridad y salud, se habilitará la caseta y aseo portátil necesario.

3.12. OBLIGACIONES DEL PROMOTOR.

Antes de que los trabajos inicien, el promotor asignará 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 del coordinador en materia de seguridad y salud no eximirá al promotor de las 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 Real Decreto 1627/1997 debiendo exponerse en la obra de forma viable y actualizándose si fuera necesario.

3.13. COORDINADOR EN MATERIA DE SEGURIDAD Y SALUD.

La designación del coordinador 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:

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

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que las empresas y personal actuante apliquen de manera coherente y responsable los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley 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 Real Decreto 1627/1997.
- Aprobar el Plan de Seguridad y Salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Organizar la coordinación de actividades empresariales previstas en el Artículo 24 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que solo las personas autorizadas puedan acceder a la obra.

La Dirección Facultativa asumirá estas funciones cuando no fuera necesaria la designación del coordinador.

3.14. PLAN DE SEGURIDAD Y SALUD.

En aplicación del Estudio Básico de Seguridad y Salud, el contratista, antes del inicio de las obras, elaborará un Plan de Seguridad y Salud 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 en el 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 de la 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 que siempre con la aprobación 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. El plan estará en la obra a disposición de la Dirección Facultativa.

3.15. OBLIGACIONES DE CONTRATISTAS Y SUBCONTRATISTAS.

El contratista y subcontratistas estarán obligados a:

- Aplicar los principios de acción preventiva que se recogen en el Artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales y en particular de:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado y limpieza.
 - La elección del emplazamiento de los puestos y áreas de trabajo, teniendo en cuenta sus condiciones de acceso y la determinación de las vías o zonas de desplazamiento o circulación.
 - La manipulación de distintos materiales y la utilización de medios auxiliares.
 - El mantenimiento, el 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.
 - La delimitación y acondicionamiento de las zonas de almacenamiento y depósito de materiales, en particular si se trata de materia peligrosas.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
 - Cumplir y hacer cumplir a su personal lo establecido en el Plan de Seguridad y Salud.

- 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 Real Decreto 1627/1997.
- Informar y proporcionar las instrucciones adecuadas a los trabajadores autónomos sobre todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiera a seguridad y salud.
- 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 y en lo relativo a las obligaciones que le correspondan directamente o, en su caso, a los trabajos 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 el promotor no eximirán de sus responsabilidades a los contratistas y subcontratistas.

3.16 OBLIGACIONES DE LOS TRABAJADORES AUTÓNOMOS.

Los trabajadores autónomos están obligados a:

- 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:
 - El mantenimiento de la obra en buen estado y limpieza.
 - El almacenamiento y evacuación de residuos y escombros.
 - La recogida de materiales peligrosos utilizados.
 - La adaptación del período de tiempo efectivo que habrá de dedicarse a los distintos trabajos o fases de trabajo.
 - La cooperación entre todos los intervinientes en la obra.
 - Las interacciones o incompatibilidades con cualquier otro trabajo o actividad.
 - Cumplir las disposiciones mínimas establecidas en el Anexo IV del Real Decreto 1627/1997.

- 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 su actuación coordinada que se hubiera establecido.
- Cumplir con las obligaciones establecidas para los trabajadores en el Artículo 29, apartados 1 y 2 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales.
- Utilizar equipos de trabajo que se ajusten a lo dispuesto en el Real Decreto 1215/1997.
- Elegir y utilizar equipos de protección individual en los términos previstos en el Real Decreto 773/1997.
- 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.

3.17. 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 por 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 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 veinticuatro horas 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.

3.18. PARALIZACIÓN DE LOS TRABAJOS.

Cuando el coordinador y durante la ejecución de las obras, contemple algún 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 tajos o, en su caso, de la totalidad de la obra.

Dará notificación 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 de la paralización y a los representantes de los trabajadores.

3.19. DERECHOS DE LOS TRABAJADORES.

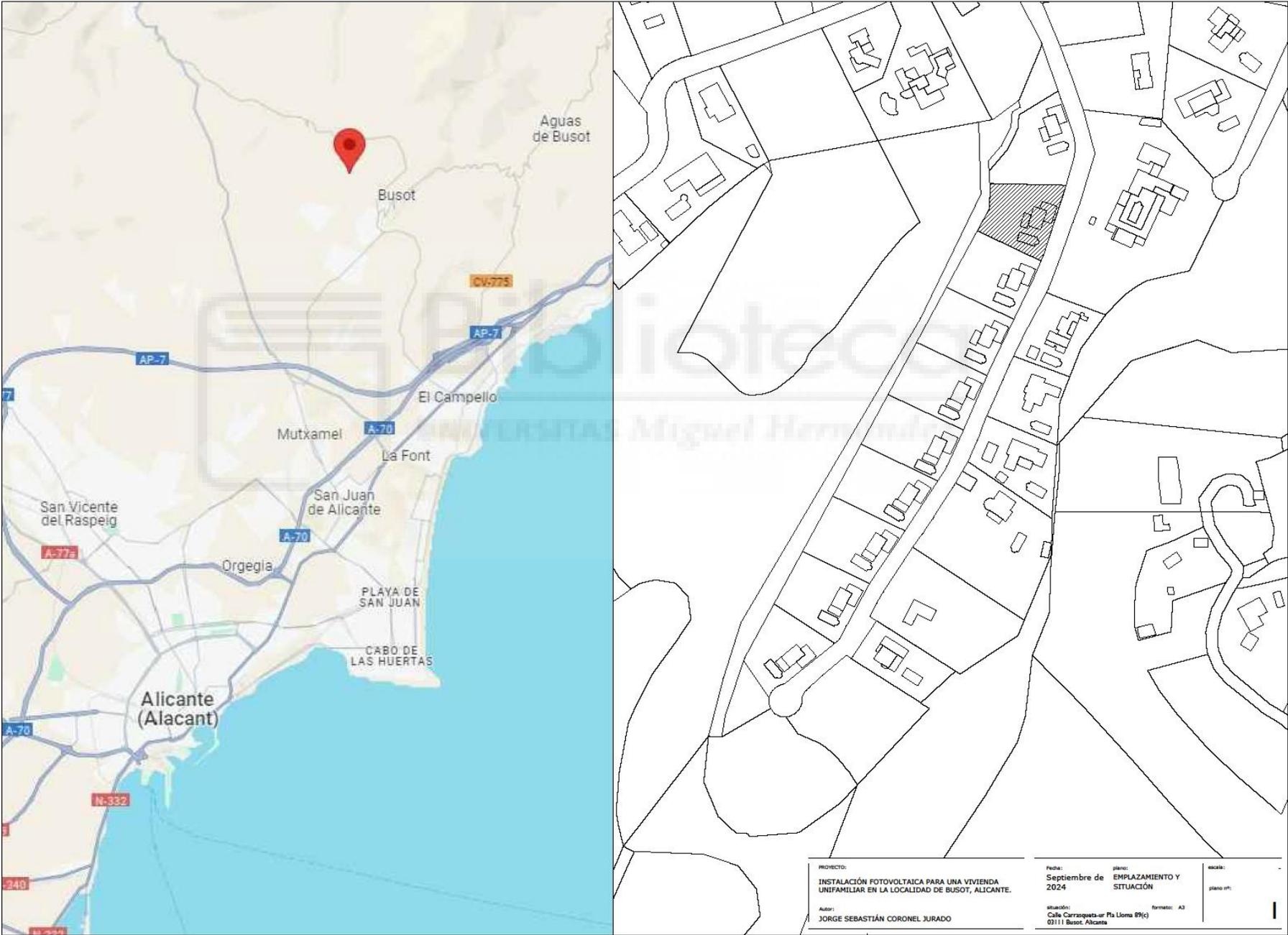
Los contratistas y subcontratistas deberían garantizar que los trabajadores reciban una información adecuada y comprensible de todas las medidas que hayan de adoptarse en lo que se refiere a su seguridad y salud en la obra.

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.

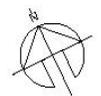
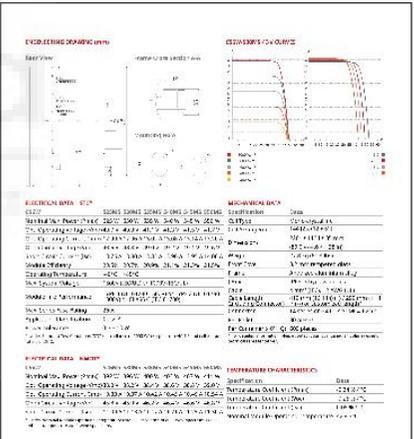
4.- PLANOS.



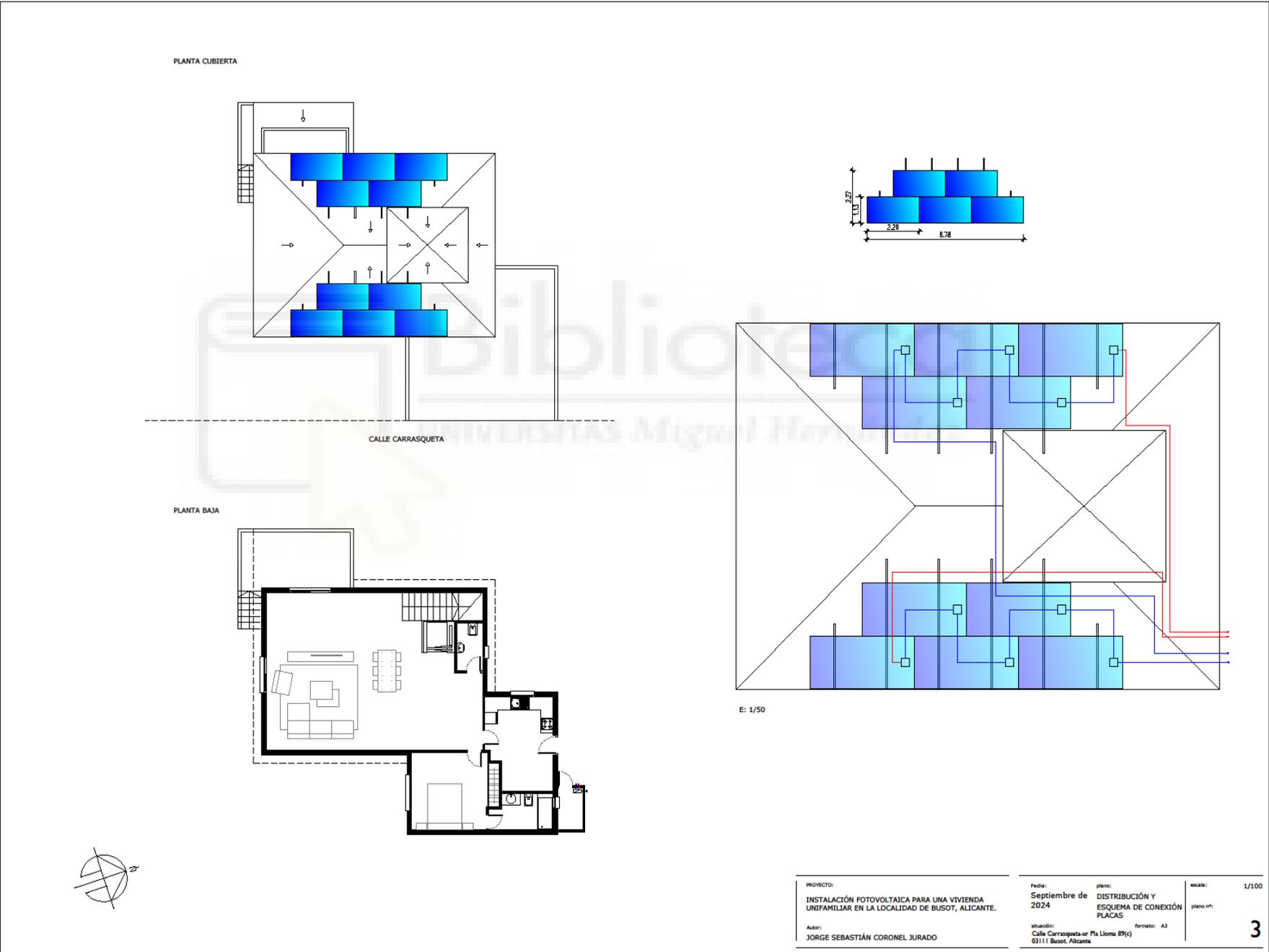
TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.



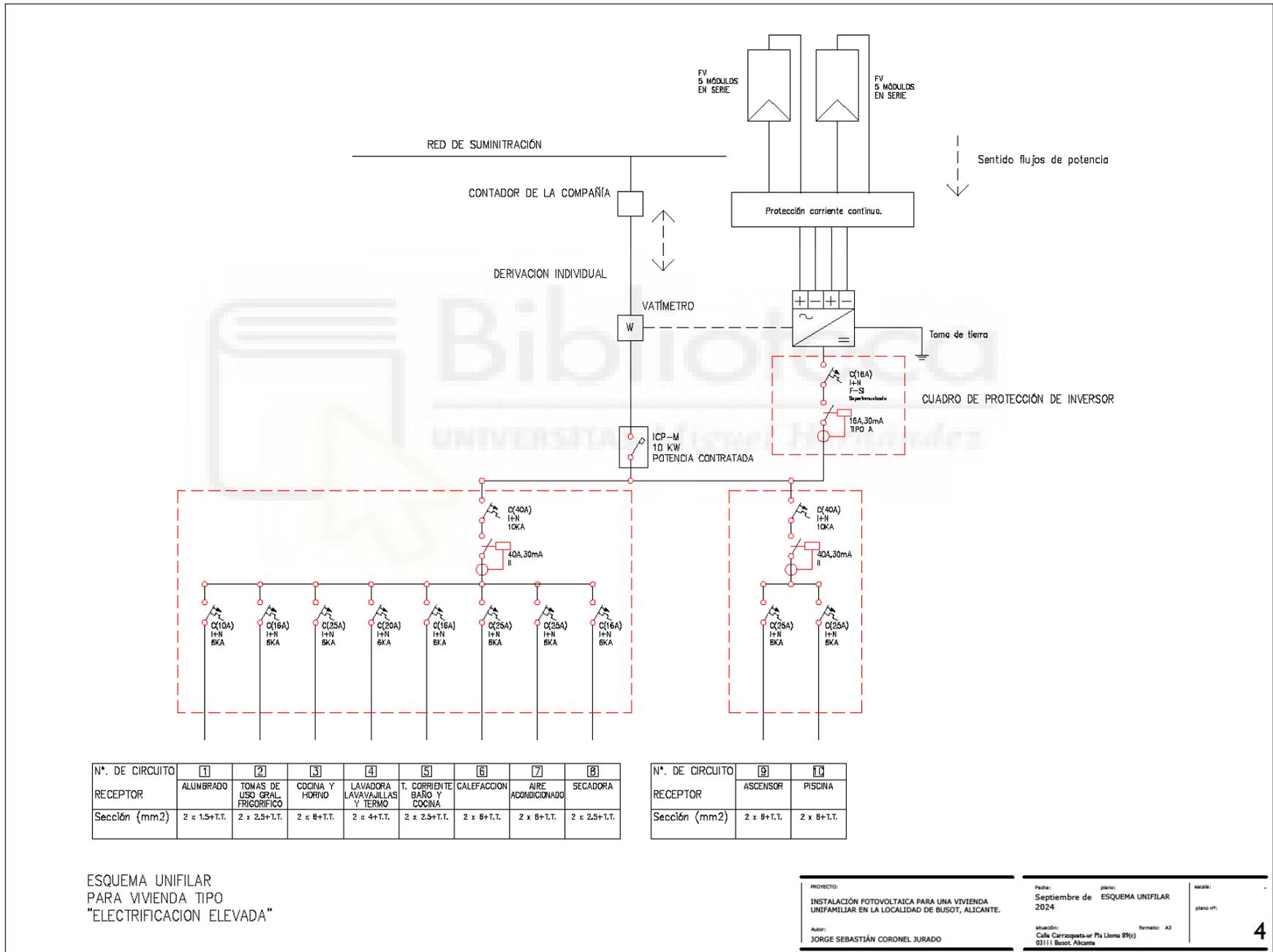
TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.



TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.



TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.



5.- PLIEGO DE CONDICIONES.

5.1.- OBJETO.

En el Pliego de condiciones se determinan los requisitos a los que se debe ajustar la ejecución de instalaciones de la instalación fotovoltaica para autoconsumo, cuyas características técnicas están especificadas en el presente proyecto.

5.2.- CONDICIONES GENERALES.

El contratista está obligado al cumplimiento de la reglamentación del trabajo correspondiente, la contratación del seguro obligatorio, subsidio familiar y de vejez, seguro de enfermedad y todas aquellas reglamentaciones de carácter social vigentes o que en lo sucesivo se dicten. En particular, deberá cumplir lo dispuesto en la norma UNE 24042 “Contratación de Obras. Condiciones Generales”, siempre que no lo modifique el presente Pliego de Condiciones.

La totalidad de los materiales a emplear en la presente instalación serán de primera calidad y reunirán todas las condiciones exigidas en el REBT, así como el CTE y demás disposiciones vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán escrupulosamente, con arreglo a las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas, de acuerdo con el REBT y cumpliendo de manera estricta las instrucciones recibidas por la dirección facultativa.

5.3.- SEGURIDAD EN EL TRABAJO.

El contratista está obligado a cumplir la Ley 31/1995, del 8 de noviembre, sobre prevención y riesgos laborales, y el RD 162/97, sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en las obras de construcción.

Asimismo, deberá proveer cuanto fuese preciso para el mantenimiento de las máquinas, herramientas, materiales y útiles de trabajo en debidas condiciones de seguridad.

Mientras los operarios trabajen en circuitos o equipos de tensión o en su proximidad, usarán ropa sin accesorios metálicos, así mismo evitarán el uso innecesario de objetos de metal, como por ejemplo metros, reglas o relojes. Se llevarán las herramientas o equipos en sus respectivas bolsas y se utilizará un calzado adecuado aislante.

El personal de la contrata está obligado a usar todos los dispositivos y medios de protección personal, herramientas y prendas de seguridad exigidos para eliminar o reducir los riesgos profesionales, tales como casco, gafas, etc., pudiendo el director de obra suspender dichos trabajos si estima que el personal de la contrata está expuesto a peligros que son corregibles.

El director de la obra podrá exigir del contratista, ordenándolo por escrito, el cese de la obra o después de la iniciación de los trabajos, que presente los documentos acreditativos de haber formalizado los regímenes de seguridad social de todo tipo (afiliación, accidente, enfermedad, etc.) en la forma legalmente establecida.

5.4.- SEGURIDAD PÚBLICA.

El contratista deberá tomar las precauciones máximas en todas las operaciones y usos de equipos para proteger a las personas, animales y objetos de los peligros procedentes del trabajo, siendo de su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se lleguen a ocasionar.

El contratista mantendrá una póliza de seguros que le proteja lo suficiente a él y a sus empleados u obreros frente a las responsabilidades por daños, responsabilidad civil, etc., que en uno y otro pudiesen ocurrir para el contratista o para terceros, como consecuencia de la ejecución de los trabajos.

5.5.- DATOS DE LA OBRA.

Se entregará al contratista una copia de los planos y pliegos de condiciones del proyecto, así como cuantos planos o datos necesite para una correcta ejecución de la obra. El contratista podrá tomar nota o sacar copia a su costa de la memoria, presupuesto y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos

El contratista se hace responsable de la conservación de los documentos originales de donde obtenga las copias, los cuales serán devueltos al director de obra después de su utilización.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

Por otra parte, en un plazo máximo de dos meses después de la finalización de los trabajos, el contratista deberá actualizar los diversos planos y documentos existentes, de acuerdo con las características de la obra terminada, entregando al director de obra dos expedientes completos relativos a los trabajos realmente ejecutados.

No se harán por el contratista alteraciones, correcciones, omisiones, adiciones o variaciones sustanciales en los datos fijados en el proyecto, salvo aprobación previa por escrito del director de obra.

5.6.- REPLANTEO DE LA OBRA.

El director de obra, una vez que el contratista esté en posesión del proyecto y antes de comenzar las obras, deberá hacer el replanteo de estas, con especial atención en los puntos singulares, entregando al contratista las referencias y datos necesarios para fijar completamente su ubicación.

Se levantará por duplicado acta, en la que constarán los datos entregados, firmado por el director de obra y por el representante del contratista.

Los gastos de replanteo serán de cuenta del contratista.

5.7.- MEJORAS Y VARIACIONES DEL PROYECTO.

No se considerarán como mejoras ni variaciones del proyecto más que aquellas que hayan sido ordenadas por escrito por el director de obra y que haya sido convenido el precio antes de proceder a su ejecución.

Las obras accesorias o delicadas, no incluidas en los precios de adjudicación, podrán ejecutarse con personal independiente del contratista.

5.8.- RECEPCIÓN DEL MATERIAL.

El director de la obra, de acuerdo con el contratista, dará aprobación sobre el material suministrado y confirmará que este permite una instalación correcta.

La vigilancia y conservación del material suministrado será por cuenta del contratista.

5.9.- ORGANIZACIÓN.

El contratista actuará de patrono legal, aceptando todas las responsabilidades correspondientes, quedando obligado al pago de los salarios y cargas que legalmente estén establecidas, y en general, a todo cuanto se legisle, decrete u ordene sobre el particular antes o durante la ejecución de la obra.

Dentro de lo estipulado en el Pliego de Condiciones, la organización de la obra, así como la determinación de la procedencia de los materiales que se empleen, estará a cargo del contratista, a quien corresponderá la responsabilidad de la seguridad contra accidentes.

El contratista deberá informar al director de obra de todos los planes de organización técnica de la obra, así como de la procedencia de los materiales, y cumplimentar cuantas órdenes le de éste en relación con datos extremos.

En las obras por administración, el contratista deberá dar cuenta diaria al director de obra de la admisión de personal, compra de materiales, adquisición o alquiler de elementos auxiliares y cuantos gastos haya de efectuar. Para los contratos de trabajo, compra de materiales o alquiler de elementos auxiliares, cuyos salarios, precios o cuotas sobrepasen en más de un 5% de los normales en el mercado, solicitará la aprobación previa del director de obra, quien deberá responder dentro de los ocho días siguientes a la petición, salvo casos de reconocida urgencia, en los que se dará cuenta posteriormente.

5.10.-FACILIDADES PARA LA INSPECCIÓN.

El contratista proporcionará al director de obra o delegados y colaboradores toda clase de facilidades para los replanteos, reconocimientos, mediciones y pruebas de los materiales, así como la mano de obra necesaria para los trabajos que tengan por objeto comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas, permitiendo el acceso a todas las partes de la obra e incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan los materiales o se realicen trabajos para las obras.

5.11.-CANALIZACIONES ELÉCTRICAS.

Los cables se colocarán dentro de tubos o canales, fijados directamente sobre las paredes, o bajo tubos enterrados, según se indica en la memoria, planos y mediciones. Antes de iniciar el tendido de las líneas de cada serie en la parte de continua, deberán estar preparadas las canalizaciones necesarias al ejecutar la obra previa. Deberá replantearse sobre ésta en forma visible la situación de las cajas de registro y protección, así como el recorrido de las líneas, señalando de forma conveniente la naturaleza de cada elemento.

5.12.-IDENTIFICACIÓN DE LAS INSTALACIONES.

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.

Los conductores de la instalación deben ser fácilmente identificables, especialmente por lo que respecta al conductor neutro y al conductor de protección. Esta identificación se realizará por los colores que presenten sus aislamientos. Cuando exista conductor neutro en la instalación o se prevea para un conductor de fase su pase posterior a conductor neutro, se identificarán estos por el color azul claro. Al conductor de protección se le identificará por el color verde – amarillo. Todos los conductores de fase, o en su caso, aquellos para los que no se prevea su pase posterior a neutro, se identificarán por los colores marrón, negro o gris.

5.13.-CAJAS DE EMPALME.

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, protegidas contra la oxidación y deberán ser de clase 2. 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 contratuerca y casquillos. Se tendrá cuidado de que quede al descubierto el número total de hilos de rosca para que el casquillo pueda ser perfectamente apretado contra el externo 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 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.

5.14.-LÍNEA DE DISTRIBUCIÓN Y CANALIZACIÓN.

La distribución del cableado deberá permitir un fácil acceso a todas las partes de este y la identificación del sistema a que pertenece.

Las canalizaciones que transcurran por el interior de los seguidores se realizarán mediante tubo rígido de PVC curvable en caliente, o bien con tubo flexible de poliamida de sección variable, en función del número de cables a alojar. Las derivaciones y conexiones de las líneas se realizarán en cajas estancas de registro.

Los cables serán de aislamiento clase 2, de polietileno reticulado y cubierta de PVC, – 0,6/1 KV, s/UNE 21 – 123.

Las conexiones se realizarán de forma segura, con terminales, indicando el número identificador según esquemas.

5.15.-INTERRUPTORES AUTOMÁTICOS.

A la salida del inversor, se colocará el cuadro general de mando y protección, en el que se dispondrá un interruptor general de corte omnipolar, así como dispositivos de protección contra sobreintensidades de cada uno de los circuitos que parten de dicho cuadro.

La protección contra sobreintensidades 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 cambios de sección, condiciones de instalación, sistemas de ejecución o tipos 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.

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

5.16.-FUSIBLES.

Los fusibles serán de alta capacidad de ruptura y limitadores de corriente. Se dispondrán sobre material aislante e incombustible, y estarán contruidos de tal forma que no puedan 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. Estará montado sobre una empuñadura que pueda ser retirada fácilmente de la base.

5.17.-INTERRUPTORES DIFERENCIALES.

En la parte de alterna, 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 envolventes. Las partes activas deben estar situadas en el interior de las envolventes o detrás de barreras. 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 toquen las partes activas y se garantizará que las personas sean conscientes del hecho de que las partes activas no deben ser tocadas voluntariamente.

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.

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.

Se cumplirá la siguiente condición: $R_a \times I_a \times U$, donde:

- 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 asignada.
- U es la tensión de contacto límite convencional (50 o 24 V).

5.18.-EQUIPOS DE MEDIDA.

Los contadores de energía activa y reactiva estarán homologados por el organismo competente.

La tierra de medida estará unida a la tierra del neutro de baja tensión constituyendo la tierra de servicio, que será independiente de la tierra de protección.

En general, para todo lo referente al montaje del equipo de medida: grado de protección, etc., se tendrá en cuenta lo indicado a tal efecto en la normativa de la compañía suministradora.

5.19.-PUESTA A TIERRA DE LAS INSTALACIONES FOTOVOLTAICAS.

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

- La puesta a tierra de las instalaciones interconectadas se hará siempre de forma que no se alteren las condiciones de puesta a tierra de la red de la empresa distribuidora, asegurando que no se produzcan transferencias de defectos a la red de distribución.
- La instalación deberá disponer de una separación galvánica entre la red de distribución y las instalaciones generadoras, bien sea por medio de un transformador de aislamiento o por cualquier otro medio que cumpla las mismas funciones de acuerdo con la reglamentación de seguridad y calidad industrial aplicable.
- Las masas de la instalación de generación estarán conectadas a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora y cumplirán con lo indicado en los reglamentos de seguridad y calidad industrial vigentes que sean de aplicación.
- No se indica en el RD 1699/2011, pero se indica en la normativa, que las masas de la instalación fotovoltaica, así como de las otras masas del lugar, estarán conectadas de forma independiente de los conductores correspondientes a la puesta a tierra del pararrayo o pararrayos del lugar si los hubiera (los conductores provenientes de la instalación captadora de rayos y de derivación se conectarán directamente con la puesta a tierra del edificio o lugar de emplazamiento).

5.20.-INSPECCIONES Y PRUEBAS EN FÁBRICA.

El apartamento 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.
- Una prueba de rigidez dieléctrica, que se efectuará aplicando una tensión igual a dos veces la tensión nominal más 1000 voltios, con un mínimo de 1500 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 calibrarán y ajustarán todas las protecciones de acuerdo con los valores suministrados por el fabricante.

5.21.-MEDIOS AUXILIARES.

No se abonarán en concepto de medios auxiliares más cantidades que las que figuren consignadas en el presupuesto, entendiéndose que en todos los demás casos el costo de dichos medios está incluido en los correspondientes precios del presupuesto.

5.22.-EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.

Las obras se ejecutarán conforme al proyecto y las condiciones contenidas en este Pliego de Condiciones.

El contratista, salvo aprobación por escrito del director de obra, no podrá hacer ninguna alteración o modificación de cualquier naturaleza en la ejecución de la obra en relación con el proyecto.

El contratista no podrá utilizar en los trabajos personal que no sea de su exclusiva cuenta y cargo, salvo en el caso de las subcontratas.

Igualmente, será de su exclusiva cuenta y cargo aquel personal ajeno al propiamente manual y que sea necesario para el control administrativo del mismo.

El contratista deberá tener al frente de los trabajos un técnico suficientemente especializado a juicio del director de obra.

5.23.-SUBCONTRATACIÓN DE LAS OBRAS.

Salvo que el contrato disponga lo contrario o que de su naturaleza y condiciones se deduzca que la obra ha de ser ejecutada directamente por el adjudicatario, podrá éste concertar con terceros la realización de determinadas unidades de obra.

La celebración de los subcontratos estará sometida al cumplimiento de los siguientes requisitos:

- Que se dé conocimiento por escrito al director de obra del subcontrato a celebrar, con indicación de las partes de obra a realizar y sus condiciones económicas, a fin de que aquél lo autorice previamente.
- Que las unidades de obra que el adjudicatario contrate con terceros no excedan del 50% del presupuesto total de la obra principal.

En cualquier caso, el contratista no quedará vinculado en absoluto ni reconocerá ninguna obligación contractual entre él y el subcontratista y cualquier subcontratación de obras no eximirá al contratista de ninguna de sus obligaciones respecto al contratante.

5.24.-PLAZO DE EJECUCIÓN.

Los plazos de ejecución, totales y parciales, indicados en el contrato, se empezarán a contar a partir de la fecha de replanteo.

El contratista estará obligado a cumplir con los plazos que se señalen en el contrato para la ejecución de las obras y que serán improrrogables.

No obstante, a lo anteriormente indicado, los plazos podrán ser objeto de modificaciones cuando así resulte por cambios determinados por el director de obra debidos a exigencias de la realización de las obras y siempre que tales cambios influyan realmente en los plazos señalados en el contrato.

Si por cualquier causa ajena por completo al contratista, no fuera posible empezar los trabajos en la fecha prevista o tuvieran que ser suspendidos una vez empezados, se concederá por el director de obra la prórroga estrictamente necesaria.

5.25.-RECEPCIÓN PROVISIONAL.

Una vez terminadas las obras y a los quince días siguientes a la petición del contratista, se hará la recepción provisional de las mismas por el contratante, requiriendo para ello la presencia del director de obra y del representante del contratista, levantándose la correspondiente acta, en la que se hará constar la conformidad con los trabajos realizados, si este es el caso. Dicha acta será firmada por el director de obra y el representante del contratista, dándose la obra por recibida si se ha ejecutado correctamente, comenzándose entonces a contar el plazo de garantía.

5.26.-MANTENIMIENTO.

El mantenimiento de una instalación fotovoltaica debe asegurar el correcto funcionamiento del sistema, manteniendo las condiciones óptimas que existían en su puesta en marcha inicial y minimizando el riesgo de aparición de averías.

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.

TFG: Diseño de una Inst. Fotovoltaica en una Vivienda Unifamiliar en la localidad de Busot, Alicante.

Para llevar a cabo dicho mantenimiento se suscribirá un contrato, con una duración mínima inicial de cinco años, donde vendrán definidas las condiciones de operación tanto normales, para el mantenimiento preventivo, como en caso de averías, mantenimiento correctivo. Asimismo, se contratará un seguro de daños, y pérdida de beneficios, en caso de siniestro como, por ejemplo, robo, caída de pedrisco, avería de origen eléctrico, etc., de forma que se siga asegurando la rentabilidad de la instalación.



6.- MEDICIONES Y PRESUPUESTO.

1	CAPÍTULO	ELEMENTOS DE LA INSTALACIÓN	UD.	Medición	Precio (€)	Importe
1.1	Partida	Módulos Fotovoltaicos 550 Wp Modulo fotovoltaico Canadian Solar 550 Wp.	Ud.	10	142,90	1.429,00 €
1.2	Partida	Inversor + Smart Meter + 10 Optimizadores Inversor Trifásico Solís de 4K, diez optimizadores y un Kit de monitorización.	Ud.	1	1428,90	1.428,90 €
1.3	Partida	Estructura Coplanar Estructura metálica de módulos en cubierta inclinada de teja.	Ud.	10	57,85	578,46 €
Total Capítulo 1						3.436,36 €
2	CAPÍTULO	CABLEADO	UD.	Medición	Precio (€)	Importe
2.1	Partida	Cableado corriente continua y puesta a tierra Cableado Prysmian Tecsun PV1-F 6mm ² .	m	80	1,15	92,00 €
2.2	Partida	Conductor Conductor RZ1-K 0,6/1 Kv 4x6 mm ² para la instalación del cableado de corriente alterna.	m	18	14,51	261,18 €
2.3	Partida	Bandejas Metálicas porta-cables. Estructura Bandejas metálicas porta cables con tapa para proteger el cableado de la instalación, modelo RDV 100 – Niedax. Lotes de 3 metros.	Ud.	27	23,52	635,04 €
Total Capítulo 2						988,22 €

3	CAPÍTULO	PROTECCIONES	UD.	Medición	Precio (€)	Importe
3.1	Partida	Interruptor Magnetotérmico Corriente continua				
		Interruptor magnetotérmico de la marca MAXGE modelo EPB-63M-DC2C25 para la protección de corriente continua.	m	1	37,94	37,94 €
3.2	Partida	Interruptor Magnetotérmico Corriente alterna				
		Interruptor magnetotérmico de la marca MAXGE modelo EPB-63 Me C25 para la protección de corriente alterna.	m	1	43,95	43,95 €
3.3	Partida	Interruptor Diferencial Corriente alterna				
		Interruptor diferencial de la marca MAXGE modelo SGR/4 para la protección de corriente alterna.	m	1	37,95	37,95 €
3.4	Partida	Armario de protección				
		Instalación y suministro de armario de protección de la marca SWE Electronics modelo WSDB-PV2/2.	m	1	149,95	149,95 €
3.4	Partida	Armario de protección eléctrica				
		Instalación y suministro de armario de protección eléctrica de la marca AC Technideal.	m	1	199	199 €
Total Capítulo 3				:	468,79 €

4	CAPÍTULO	SEGURIDAD Y SALUD	UD.	Medición	Precio (€)	Importe
4.1	Partida	Elementos básicos de seguridad y salud				
		Cinturones, chalecos, vallas, cascos, gafas protectoras, tapones, líneas de vida, guantes, botas aislantes.	m	1	319,68	319,68 €
Total Capítulo 4				:	319,68 €

5	CAPÍTULO	LEGALIZACIÓN	UD.	Medición	Precio (€)	Importe
5.1	Partida	Legalización				
		Legalización de la instalación completa.	m	1	500,00	500,00 €
Total Capítulo 5				:	500,00 €

6	CAPÍTULO	MANO DE OBRA	UD.	Medición	Precio (€)	Importe
6.1	Partida	Mano de obra				
		Mano de obra para el montaje de la instalación descrita en el proyecto.	UD	1	2000,00	2.000,00 €
Total Capítulo 6				:	2.000,00 €

7	CAPÍTULO	GASTOS GENERALES. BENEFICIO INDUSTRIAL	UD.	Medición	Precio (€)	Importe
7.1	Partida	Gastos generales				
		6% del total.	m	1	513,24	513,24 €
7.2	Partida	Beneficio Industrial				
		13% del total.	m	1	1112,03	1.112,03 €
Total Capítulo 7				:	1.625,27 €

PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIALES		
PEM	Total Capitulo 1	4.277,36 €
	Total Capitulo 2	988,22 €
	Total Capitulo 3	468,79 €
	Total Capitulo 4	319,68 €
	Total Capitulo 5	500,00 €
	Total Capitulo 6	2.000,00 €
		<u>7.713,05 €</u>

GG+BI	Total Capitulo 7	1.625,27 €
		<u>PEC= PEM+GG+BI</u> 9.178,53 €

21 % IVA 2.137,66 €

TOTAL PRESUPUESTO		11.106,02 €
-------------------	--	-------------

EL PRESUPUESTO TOTAL SIN IVA DE LA INSTALACIÓN ASCIENDE A UNA CANTIDAD DE NUEVE MIL CIENTO SETENTA Y OCHO, CON CINCUENTA Y TRES CÉNTIMOS (9.178,53 €).

7.- ANEXO I: FICHAS TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS INSTALADOS:







HiKu6 Mono PERC

525 W ~ 550 W
CS6W-525 | 530 | 535 | 540 | 545 | 550MS

MORE POWER

-  Module power up to 550 W
Module efficiency up to 21.5 %
-  Up to 4.5 % lower LCOE
Up to 5.6 % lower system cost
-  Comprehensive LID / LeTID mitigation technology, up to 50% lower degradation
-  Compatible with mainstream trackers, cost effective product for utility power plant
-  Better shading tolerance

MORE RELIABLE

-  Minimizes micro-crack impacts
-  Heavy snow load up to 5400 Pa, wind load up to 2400 Pa*

-  **Enhanced Product Warranty on Materials and Workmanship***
-  **Linear Power Performance Warranty***

**1st year power degradation no more than 2%
 Subsequent annual power degradation no more than 0.55%**

*According to the applicable Canadian Solar Limited Warranty Statement.

MANAGEMENT SYSTEM CERTIFICATES*

ISO 9001:2015 / Quality management system
 ISO 14001:2015 / Standards for environmental management system
 ISO 45001: 2018 / International standards for occupational health & safety

PRODUCT CERTIFICATES*

IEC 61215 / IEC 61730 / INMETRO
 UL 61730 / IEC 61701 / IEC 62716
 UNI 9177 Reaction to Fire: Class 1 / Take-e-way







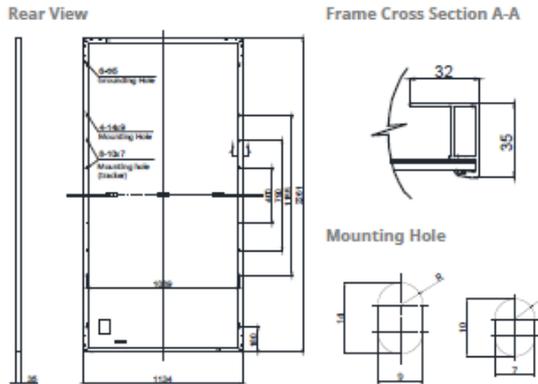
* The specific certificates applicable to different module types and markets will vary, and therefore not all of the certifications listed herein will simultaneously apply to the products you order or use. Please contact your local Canadian Solar sales representative to confirm the specific certificates available for your Product and applicable in the regions in which the products will be used.

CSI Solar Co., Ltd. is committed to providing high quality solar products, solar system solutions and services to customers around the world. Canadian Solar was recognized as the No. 1 module supplier for quality and performance/price ratio in the IHS Module Customer Insight Survey, and is a leading PV project developer and manufacturer of solar modules, with over 50 GW deployed around the world since 2001.

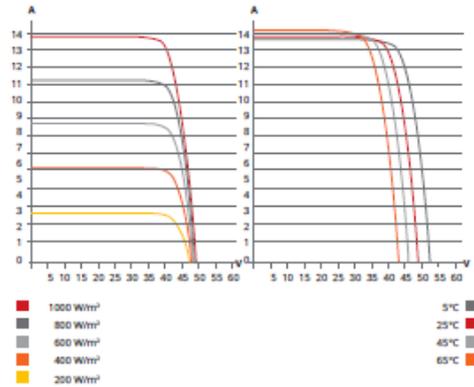
* For detailed information, please refer to the Installation Manual.

CSI Solar Co., Ltd.
 199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

ENGINEERING DRAWING (mm)



CS6W-530MS / I-V CURVES



ELECTRICAL DATA | STC*

CS6W	525MS	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	525 W	530 W	535 W	540 W	545 W	550 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	40.7 V	40.9 V	41.1 V	41.3 V	41.5 V	41.7 V
Opt. Operating Current (Imp)	12.90 A	12.96 A	13.02 A	13.08 A	13.14 A	13.20 A
Open Circuit Voltage (Voc)	48.6 V	48.8 V	49.0 V	49.2 V	49.4 V	49.6 V
Short Circuit Current (Isc)	13.75 A	13.80 A	13.85 A	13.90 A	13.95 A	14.00 A
Module Efficiency	20.5%	20.7%	20.9%	21.1%	21.3%	21.5%
Operating Temperature	-40°C ~ +85°C					
Max. System Voltage	1500V (IEC/UL) or 1000V (IEC/UL)					
Module Fire Performance	TYPE 1 (UL 61730 1500V) or TYPE 2 (UL 61730 1000V) or CLASS C (IEC 61730)					
Max. Series Fuse Rating	25 A					
Application Classification	Class A					
Power Tolerance	0 ~ + 10 W					

* Under Standard Test Conditions (STC) of Irradiance of 1000 W/m², spectrum AM 1.5 and cell temperature of 25°C.

MECHANICAL DATA

Specification	Data
Cell Type	Mono-crystalline
Cell Arrangement	144 [2 x (12 x 6)]
Dimensions	2261 x 1134 x 35 mm (89.0 x 44.6 x 1.38 in)
Weight	27.8 kg (61.3 lbs)
Front Cover	3.2 mm tempered glass
Frame	Anodized aluminium alloy
J-Box	IP68, 3 bypass diodes
Cable	4 mm² (IEC), 12 AWG (UL)
Cable Length (Including Connector)	410 mm (16.1 in) (+) / 290 mm (11.4 in) (-) or customized length*
Connector	T4 series or H4 UTX or MC4-EVO2
Per Pallet	30 pieces
Per Container (40' HQ)	600 pieces

* For detailed information, please contact your local Canadian Solar sales and technical representatives.

ELECTRICAL DATA | NMOT*

CS6W	525MS	530MS	535MS	540MS	545MS	550MS
Nominal Max. Power (Pmax)	392 W	396 W	400 W	403 W	407 W	411 W
Opt. Operating Voltage (Vmp)	38.0 V	38.2 V	38.4 V	38.6 V	38.8 V	39.0 V
Opt. Operating Current (Imp)	10.33 A	10.37 A	10.42 A	10.45 A	10.49 A	10.54 A
Open Circuit Voltage (Voc)	45.8 V	46.0 V	46.2 V	46.4 V	46.6 V	46.8 V
Short Circuit Current (Isc)	11.09 A	11.13 A	11.17 A	11.21 A	11.25 A	11.30 A

* Under Nominal Module Operating Temperature (NMOT), Irradiance of 800 W/m² spectrum AM 1.5, ambient temperature 20°C, wind speed 1 m/s.

TEMPERATURE CHARACTERISTICS

Specification	Data
Temperature Coefficient (Pmax)	-0.34 % / °C
Temperature Coefficient (Voc)	-0.26 % / °C
Temperature Coefficient (Isc)	0.05 % / °C
Nominal Module Operating Temperature	42 ± 3°C

PARTNER SECTION



* The specifications and key features contained in this datasheet may deviate slightly from our actual products due to the on-going innovation and product enhancement. CSI Solar Co., Ltd. reserves the right to make necessary adjustment to the information described herein at any time without further notice. Please be kindly advised that PV modules should be handled and installed by qualified people who have professional skills and please carefully read the safety and installation instructions before using our PV modules.

CSI Solar Co., Ltd.

199 Lushan Road, SND, Suzhou, Jiangsu, China, 215129, www.csisolar.com, support@csisolar.com

S5-GR3P(3-20)K

Inversores Solis trifásicos

>> Modelo:

S5-GR3P3K	S5-GR3P10K
S5-GR3P4K	S5-GR3P12K
S5-GR3P5K	S5-GR3P13K
S5-GR3P6K	S5-GR3P15K
S5-GR3P8K	S5-GR3P20K
S5-GR3P9K	



Vista 360°

Eficiente

- 98.7% de eficiencia máxima
- Corriente de string hasta **16 A**
- Amplio rango de voltaje y bajo voltaje de arranque

Inteligente

- Soporta el control de exportación de potencia
- Soporta RS485, WiFi, GPRS
- Escanea para registrar en SolisCloud, soporta la actualización y control remoto

Seguro

- IP66
- Protección AFCI, reduce activamente el riesgo de incendio
- Tecnología de estabilización automática de voltaje bajo condiciones de red débil

Económico

- Diseño compacto, instalación y mantenimiento simple
- > Ratio DC/AC del 150 %
- Soporta módulos de alta potencia para costos de instalación más bajos

Hoja de datos

S5-GR3P(3-20)K

Modelo	3K	4K	5K	6K	8K	9K	10K	12K	13K	15K	20K	
Entrada (DC)												
Potencia FV máxima de entrada recomendada	4.5 kW	6 kW	7.5 kW	9 kW	12 kW	13.5 kW	15 kW	18 kW	19.5 kW	22.5 kW	30 kW	
Voltaje máximo de entrada	1100 V											
Voltaje nominal	600 V											
Voltaje de arranque	180 V											
Rango de voltaje MPPT	160-1000 V											
Corriente máxima de entrada	16 A / 16 A						32 A / 32 A					
Corriente máxima de cortocircuito	20 A / 20 A						40 A / 40 A					
Número de MPPT/Número máximo de cadenas de entrada	2/2						2/4					
Salida (AC)												
Potencia nominal de salida	3 kW	4 kW	5 kW	6 kW	8 kW	9 kW	10 kW	12 kW	13 kW	15 kW	20 kW	
Potencia aparente máxima de salida	3.3 kVA	4.4 kVA	5.5 kVA	6.6 kVA	8.8 kVA	9.9 kVA	11 kVA	13.2 kVA	14.3 kVA	16.5 kVA	22 kVA	
Potencia máxima de salida	3.3 kW	4.4 kW	5.5 kW	6.6 kW	8.8 kW	9.9 kW	11 kW	13.2 kW	14.3 kW	16.5 kW	22 kW	
Voltaje nominal de la red	3/N/PE, 220 V / 380 V, 230 V / 400 V											
Frecuencia nominal de la red	50 Hz / 60 Hz											
Corriente nominal de salida de red	4.6 A / 4.3 A	6.1 A / 5.8 A	7.6 A / 7.2 A	9.1 A / 8.7 A	12.2 A / 11.5 A	13.7 A / 13.0 A	15.2 A / 14.4 A	18.2 A / 17.3 A	19.8 A / 18.8 A	22.8 A / 21.7 A	30.4 A / 28.9 A	
Corriente máxima de salida	4.7 A	6.4 A	7.9 A	9.5 A	12.7 A	14.3 A	15.9 A	19.1 A	20.7 A	23.8 A	31.8 A	
Factor de potencia	>0.99 (0.8 capacitivo a 0.8 inductivo)											
THDi	<2%											
Eficiencia												
Eficiencia máxima	98.3%			98.5%			98.6%			98.7%		
Eficiencia EU	97.7%			97.9%			98.0%			98.1%		
Protección												
Protección contra polaridad inversa DC	Sí											
Protección contra cortocircuito	Sí											
Protección de sobrecorriente de salida	Sí											
Protección contra sobretensiones	Sí											
Monitoreo de red	Sí											
Protección Anti-isla	Sí											
Protección de temperatura	Sí											
AFCI integrado (Protección de falla de arco DC)	Sí ⁽¹⁾											
Interruptor de DC integrado	Opcional											
Datos generales												
Dimensiones (longitud*altura*ancho)	310*563*219 mm											
Peso	17.8 kg						18.8 kg			20 kg		
Topología	Sin Transformador											
Consumo propio (noche)	<1 W											
Rango de temperatura de funcionamiento	-25 ~ +60°C											
Humedad relativa	0-100%											
Nivel de protección	IP66											
Enfriamiento	Convección natural						Ventilador redundante inteligente					
Altitud máxima de funcionamiento	4000 m											
Estándar de conexión de red	G99, VDE-AR-N 4105 / VDE V 0124, EN 50649-1, VDE 0126 / UTE C 15 / VFR:2019, RD 1699 / RD 244 / UNE 206006 / UNE 206007-1, CEI 0-21, C10/11, NRS 097-2-1, EIFS 2018.2, IEC 62116, IEC 61727, IEC 60068, IEC 61683, EN 50530											
Estándar de seguridad / EMC	IEC/EN 62109-1/-2, IEC/EN 61000-6-1/-2/-3/-4											
Características												
Conexión de DC	Conector MC4											
Conexión de AC	Enchufe de conexión rápida											
Pantalla	LCD											
Comunicación	RS485, Opcional: Wi-Fi, GPRS											

(1) Activación necesaria

R1-01/24

Ficha técnica

Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja

01V

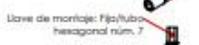





Viga hormigón: consultar ficha técnica faco utilizado



Viga madera: braca Nº9

Llave de montaje: Fija/tubo hexagonal num. 7



Máx. 225
Mín. 140
47

Cotas en mm



Junta de estanqueidad



Rosca madera MIT



Perfi G1

- Soporte coplanar para anclaje a losa de hormigón y/o madera.
- Válido para todo tipo de tejas.
- Sin necesidad de desmontar la cubierta.
- La fijación incluye junta de estanqueidad.
- Válido para espesores de módulos de 28 hasta 40 mm.
- Kits disponibles de 1 a 6 módulos.

Viento: Hasta 150 Km/h (Ver documento de velocidades del viento).

Materiales: Periferia de aluminio EN AW 6005A T6
Tomillería de acero inoxidable A2-70

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

Nota
La fijación clip no se debe montar hasta haber fijado el anclaje.

Dos opciones:

Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema Kit

2279x1150



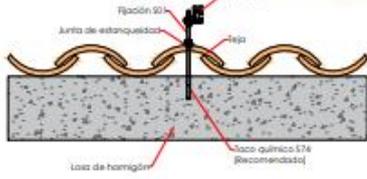
Kit

(Ver página 2)

Carga de nieve: 40 kg/m²

Para la distancia de anclajes de los módulos consultar ficha técnica del módulo





Fijación S01

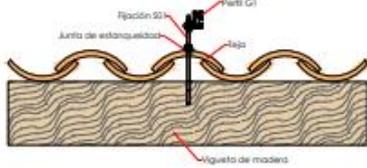
Perfi G1

Junta de estanqueidad

Teja

Losa de hormigón

Acabo químico S74 (recomendado)



Fijación S01

Perfi G1

Junta de estanqueidad

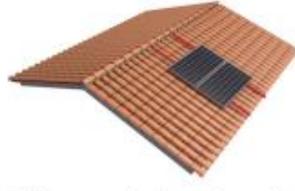
Teja

Vigueta de madera

Tipos de montaje



Perfiles paralelos a la cumbre



Perfiles perpendiculares a la cumbre

Par de apriete:

Tomillo Presor	7 Nm
Tomillo M8 Hexagonal	20 Nm
Tomillo M10 Hexagonal	40 Nm
Tomillo M4,2/4,8 Hexagonal	6 Nm

Herramientas necesarias:



Seguridad:











100% Reciclabile



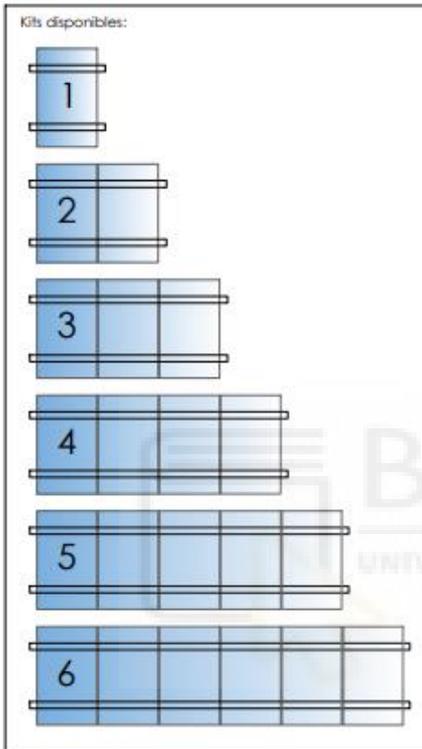
Marcado ES19/86524

Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.



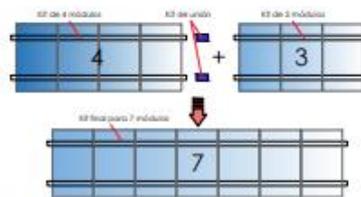
Para módulos de hasta 2279x1150 - Sistema KIT

2279x1150 **KIT**

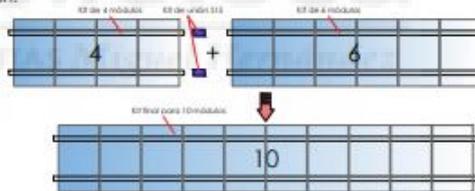


EJEMPLOS DE CONFIGURACIÓN

Para realizar una fila de 7 módulos se realizaría con 1 Kit de 4 + 1 Kit de 3 + 1 Kit de unión

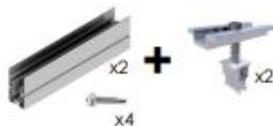


Para realizar una fila de 10 módulos se realizaría con 1 kit de 4 + 1 Kit de 6 + 1 Kit de unión.



Reservado el derecho a efectuar modificaciones - las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

S15 Kit de unión



Por dilataciones se recomienda no exceder de más de 20 metros por fila

Marcado ES19/04534 CE



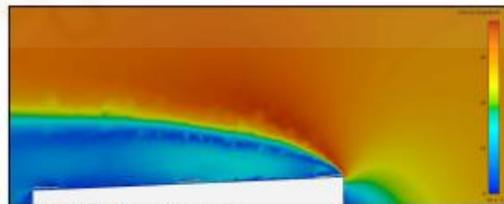
SUNFER

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

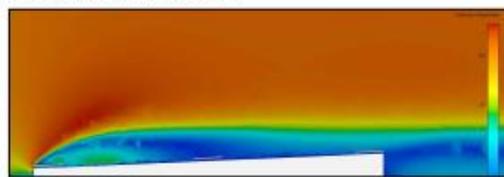
Cuadro de velocidades máx. admisibles de viento							
Tamaño del módulo	1	2	3	4	5	6	nº de módulos
2279x1150	150	150	150	150	150	150	Velocidad de viento km/h

Tabla 1 - Velocidades máximas de viento admisibles.

- Para garantizar la resistencia a la velocidad máxima de diseño se deberán utilizar anclajes adecuados.



Flujo viento norte - En estructura coplanar.



Flujo viento sur - En estructura coplanar.

Reservado el derecho a efectuar modificaciones - Las ilustraciones de productos son a modo de ejemplo y pueden diferir del original.

Para cumplir con las velocidades máximas admisibles de viento especificadas en la tabla 1, se deberán respetar todas las instrucciones indicadas en los planos de montaje. Se debe comprobar que los puntos de anclaje para los módulos son compatibles con las especificaciones del fabricante.

Marcado ES19/86524 **CE**

Anclaje de la fijación a la cubierta

Junta de estanqueidad, Perfil G1, Teja, Losa de hormigón, Se recomienda taca química S74, Vigüeta de madera.

Ver medidas en *2/2

Medir distancias de anclaje

Colocación de los los perfiles guía sobre las fijaciones y unión entre perfiles

Perpendicular a la cumbre, Paralelo a la cumbre

Métrica 4.8 (4 por unión)

* Click

Introducir los perfiles dentro del carril del elemento de unión UG1 a través de las ranuras laterales. Y fijar la unión con los tornillos de bloqueo, siempre a la altura de la ranura lateral.

Soporte coplanar continuo atornillado para cubierta de teja. 01V Vertical.

SUNFER

Perfiles paralelos a la cumbre, Perfiles perpendiculares a la cumbre

Ubicar los módulos sobre los perfiles

Distribuir los módulos para que su colocación sea simétrica a lo largo del soporte, dejando la misma distancia de sobrante en los extremos.

Dejar una separación entre módulos de 20 mm para poner el presor central que fijará los módulos al perfil.

Sobrante izquierdo, Sobrante derecho, Distancia entre módulos: 20 mm.

Fijación de los módulos con los presores y colocación de las tapas G1

Válida para medidas de espesor de módulo de 28 mm a 40 mm

FIJACIÓN LATERAL

Espesores de módulos admitidos: 28-30 mm, 35 mm, 40 mm

FIJACIÓN CENTRAL

- 1) Alinear presor con el perfil
- 2) Bajar hasta hacer clic
- 3) Roscar el tornillo.

Introducir tapas G1 (x4) en los 4 perfiles extremos del kit

PLANO DE MONTAJE

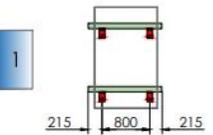
Tamaño máx. 2279x1150

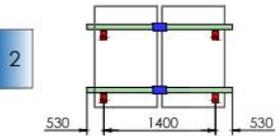
100% Reciclabile

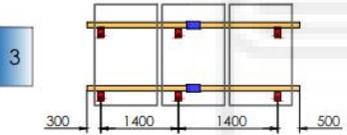
Marcado ES19/86524 CE

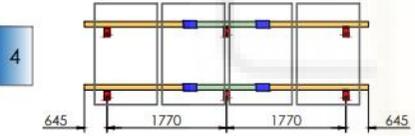
1/2

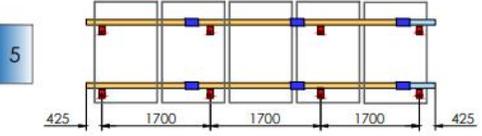
Nota:
 - Comprobar el buen estado de la cubierta y la capacidad portante de la misma
 - Comprobar la impermeabilidad de la fijación una vez colocada

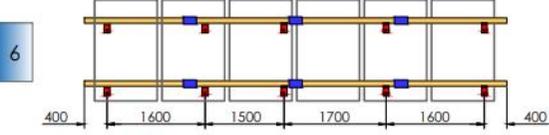
1 

2 

3 

4 

5 

6 

Legenda:
 S01 
 Perfil G1 - 550 
 Perfil G1 - 1230 
 Perfil G1 - 1800 
 UG1 

Par de apriete:
 Tornillo Presor 7 Nm
 Tornillo M8 Hexagonal 20 Nm
 Tornillo M10 Hexagonal 40 Nm
 Tornillo M4,2/4,8 Hexagonal 6 Nm

SopORTE coplanar continuo atornillado para cubierta de teja. Vertical. 01V

 Distancia recomendada según fabricante de módulo fotovoltaico.
 Revisar ficha técnica del módulo  Tamaño máx. 2279x1150

Componentes: S01, S10, S11, UG1 x4, G1 - 550, G1 - 1230, G1 - 1800, Tapa G1

	S01	S10	S11	UG1 x4	G1 - 550	G1 - 1230	G1 - 1800	Tapa G1
01V1	4	4	-	-	-	2	-	4
01V2	4	4	2	2	-	4	-	4
01V3	6	4	4	2	-	-	4	4
01V4	6	4	6	4	-	2	4	4
01V5	8	4	8	6	2	-	6	4
01V6	10	4	10	6	-	-	8	4

Características del Montaje: 

2/2

Nos reservamos el derecho a realizar modificaciones en el producto en cualquier momento sin aviso previo si desde nuestro punto de vista son necesarias para la mejora de la calidad. Las ilustraciones pueden ser sólo ejemplos y, por tanto, la imagen que aparece puede diferir del producto suministrado.

8.- ANEXO II: JUSTIFICACIÓN DE SOBRECARGA DE USO.

8.1.- CÁLCULO DE ACCIONES.

8.1.1.- OBJETO Y GENERALIDADES.

El presente apartado pretende justificar, mediante el correcto cálculo y comprobación de la estructura del edificio que, efectivamente, la cubierta de este resiste sin problemas la sobrecarga que introducirá la instalación solar fotovoltaica. El alcance de dicho cálculo se limitará exclusivamente a la cubierta y la estructura portante de la misma, considerando únicamente los elementos de acabado de la cubierta a los cuales afectan los esfuerzos transmitidos por dicha instalación. Se excluyen soportes de hormigón, forjados entre plantas, losas y cimentación.

8.1.2.- DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA.

La estructura de este edificio está definida por las necesidades de una construcción mediante pórticos, que tendrá como finalidad una vivienda unifamiliar asilada.

- Acciones consideradas sobre la estructura

Se determinarán según el CTE (Código Técnico de la Edificación). No se consideran las acciones térmicas ya que el diseño estructural del edificio está provisto de las juntas de dilatación suficientes que absorben los esfuerzos debido a las dilataciones térmicas. Las acciones que actúan sobre la estructura son:

8.1.2.1 ACCIONES PERMANENTES.

Las acciones permanentes (G) son aquellas que actúan en todo instante sobre la estructura con posición constante. Las acciones permanentes que actúan sobre la estructura son las debidas al peso propio de la cubierta, y la instalación solar fotovoltaica. La siguiente tabla muestra el valor de estas:

0,106 kN/m ²	G _{pp} panel
0,018 kN/m ²	G _{pp} estructura aluminio coplanares

Tabla 14: Valor de las acciones permanentes.

8.1.2.2 ACCIONES VARIABLES

Las acciones variables (Q) son aquellas que pueden o no actuar sobre nuestra estructura. Las acciones consideradas sobre la estructura del edificio son:

Sobrecarga de uso (q_{su})

La cubierta se clasifica dentro del grupo G1 de la tabla 3.1 del DB-SE-AE (Cubiertas con inclinación inferior a 20° . El valor de la sobrecarga de uso es de $q_{su} = 1 \text{ kN/m}^2$. Sobrecarga que se considera no conjuntamente con el resto de las acciones variables.

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Ilustración 24: Valores características de las sobrecargas de uso.

Sobrecarga por paneles y estructura.

Los paneles que van a formar la instalación tienen un peso unitario de 27,8 kg y unas dimensiones de 2261x1134x35. El área que ocupará cada uno de los paneles sobre la cubierta es de 2,56 m² para el caso de los que están en disposición coplanar, puesto que el área del panel coincide con la que ocupará la cubierta. El peso repartido por la cubierta del panel coplanar entre la superficie de este tenemos un valor medio de 10,86 kg/m² (0,106 kN/m²).

La estructura coplanar que servirá de unión entre la cubierta y los paneles será de perfil de aluminio, la cual presenta una densidad muy baja. Cada metro lineal de esta estructura tiene un peso de 0,98 kg. Como la disposición de los paneles será horizontal (peor de los casos), siendo la zona de anclaje superior e inferior, a cada uno de ellos le corresponderá 2,461 metros lineales de esta estructura, con un peso total de 2,41 kg, haciendo que el total de estructura por panel se eleve hasta los 4,82 kg. Como este peso se va a distribuir de forma uniforme por el área que ocupa el panel, cada 2,56 m² de la cubierta soportará un peso de 4,82 kg, o lo que es lo mismo, 0.018 kN/m².

La sobrecarga de uso para este tipo de cubierta es de 1 kN/m². Esto implica que ha sido diseñada para soportar una carga máxima de 1 kN/m², entendiendo que este es el límite máximo que el tejado puede soportar.

Como se ha podido comprobar, en ninguno de los dos casos mencionados anteriormente supera el 1 kN/m² que soporta la estructura, con lo que el sobrepeso añadido, tanto por paneles como por estructura, es perfectamente soportado por la cubierta, conforme al código técnico de la edificación.

- Sobrecarga de viento (q_e).

El DB-SE-AE recoge que la acción del viento es una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e que se calcula como:

$$q_e = q_b \cdot C_e \cdot C_p$$

Donde:

q_b = Presión dinámica del viento.

C_e = Coeficiente de exposición.

C_p = Coeficiente eólico o de presión.

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Donde:

q_b = Presión dinámica del viento

δ = Densidad del aire (1,184 kg/m³).

v = Velocidad básica del viento según zona geográfica, atendiendo al CTE DB AE.

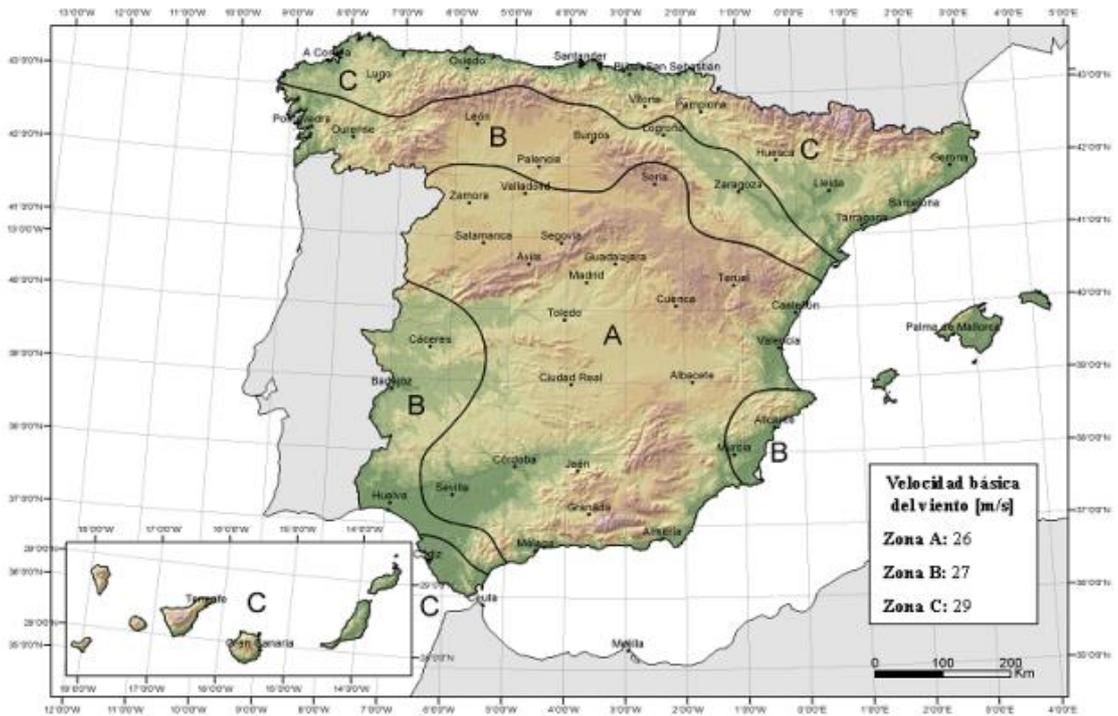


Ilustración 25: Valor básico de la velocidad del viento v_b .

Como la instalación se va a efectuar en la provincia de Alicante, esta zona sería la correspondiente a la zona B, asignándole un valor de v_b de 27 m/s.

Por tanto, la presión dinámica de viento es 0,432 kN/m².

- Coeficiente de exposición (C_e):

El coeficiente de exposición es variable en función con la altura del punto considerado y en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina conforme a la Tabla 3.4. del punto 3.3.3 Coeficiente de exposición de la norma (CTE DB AE).

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición C_e .

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

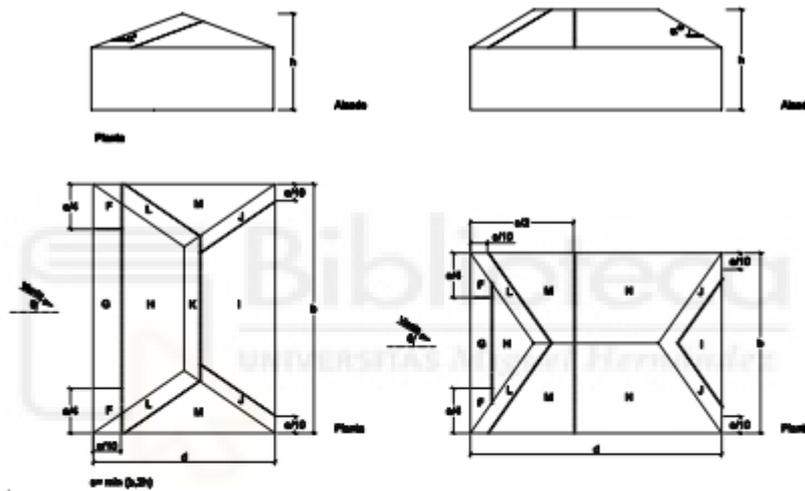
Ilustración 26: Valores de los coeficientes de exposición C_e .

Como la instalación se va a efectuar en Zona urbana en general, industrial o forestal (grado de aspereza IV) y una altura de 6 m, tenemos un coeficiente de exposición de 1,4.

- Coeficiente eólico o de presión (C_p).

El coeficiente eólico o de presión es dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Dicho coeficiente se obtiene del Anejo D del CTE DB AE. Se tomará un valor positivo, presión y un valor negativo el cual indica succión. Ambos teniendo en cuenta la inclinación de la estructura de 15° y el grado de obstrucción de 0.

Tabla D.7 Cubiertas a cuatro aguas



Pendiente de la cubierta α	A (m^2)	Zona (según figura)									
		F	G	H	I	J	K	L	M	N	
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,3	-0,6	-0,6	-1,2	-0,6	-0,4	
	≤ 1	-2,5	-2,0	-1,2	-0,3	-0,6	-0,6	-2,0	-1,2	-0,4	
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,5	-1,0	-1,2	-1,4	-0,6	-0,3	
	≤ 1	-2,0	-1,5	-0,3	-0,5	-1,5	-2,0	-2,0	-1,2	-0,3	
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,7	-0,5	-1,4	-0,8	-0,2	
	≤ 1	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-1,2	-0,5	-2,0	-1,2	-0,2	
45°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3	-0,6	-0,3	-1,3	-0,8	-0,2	
	≤ 1	-0,0	-0,0	-0,0	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-1,2	-0,2	
60°	≥ 10	+0,7	+0,7	+0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2	
	≤ 1	+0,7	+0,7	+0,7	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-0,4	-0,2	
75°	≥ 10	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-1,2	-0,4	-0,2	
	≤ 1	+0,8	+0,8	+0,8	-0,3	-0,6	-0,3	-2,0	-0,4	-0,2	

Ilustración 27: Tabla cubierta a cuatro aguas.

Puesto que la instalación se va a efectuar en la zona H y zona I de la vivienda, se estudiarán ambos casos únicamente.

ZONA H	ZONA I
$C_p = 0,2$	$C_p = 0,5$
$C_s = -0,3$	$C_s = -0,5$

Tabla 15: Coeficiente según zonas.

Como resultado final en base a todos los coeficientes mencionados anteriormente, se obtiene una presión estática del viento de:

ZONA H	ZONA I
$q_{ep} = 0,432 \cdot 1,4 \cdot 0,2 = 0,121 \text{ kN/m}^2$	$q_{ep} = 0,432 \cdot 1,4 \cdot 0,5 = 0,302 \text{ kN/m}^2$
$q_{es} = 0,432 \cdot 1,4 \cdot -0,3 = -0,181 \text{ kN/m}^2$	$q_{es} = 0,432 \cdot 1,4 \cdot -0,5 = -0,302 \text{ kN/m}^2$

Tabla 16: Presión estática del viento.

- Sobrecarga de nieve (q_n)

La acción de la nieve depende de la distribución y la intensidad de dicha carga. Para poder determinar esta carga se aplicará la expresión 3.5 del CTE DB AE, la cual combina el coeficiente de forma y el valor característico de la carga sobre un terreno horizontal.

$$q_n = \mu \cdot S_k$$

Donde:

μ = Coeficiente de forma.

S_k = Valor característico de la carga de nieve sobre el terreno horizontal

Coeficiente de forma (μ).

El coeficiente de forma se toma como valor de 1, acorde al punto 2 del apartado 3.5.3 de la normal. El cual dice; “En un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas, y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el coeficiente de forma tiene el valor de 1 para cubiertas con inclinación menor o igual que 30° ”.

Valor característico de la carga sobre terreno horizontal (S_k)

Este valor se determinará en base al Anejo E de la norma CTE DB EA, mediante la Figura E.2 Zonas climáticas de invierno y la Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal. Se toma como una carga que actúa en sentido de la gravedad.



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

- 3 Como valor de carga de nieve en un terreno horizontal, s_k , puede tomarse de la tabla E.2 función de la altitud del emplazamiento o término municipal, y de la zona climática del mapa de la figura E.2

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m^2)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Ilustración 28: Zonas climáticas invierno y datos de sobrecarga de nieve en un terreno horizontal.

En el caso de este proyecto, al situarse la provincia de Alicante (Busot) y situarse a una altitud 300 m, se adopta un valor de $S_k = 0,35 \text{ kN/m}^2$.

Como valor de carga de nieve final, se obtiene: $q_n = 1 \cdot 0,35 = 0,35 \text{ kN/m}^2$

CONCLUSIÓN:

Suponemos la situación mas desfavorable para el cálculo de la sobrecarga:

Siendo el total de:

- Paneles: $0,106 \text{ kN/m}^2$
- Estructura coplanar: $0,018 \text{ kN/m}^2$
- Viento: $q_{ep} = 0,302 \text{ kN/m}^2$
- Nieve: $q_n = 0,35 \text{ kN/m}^2$

Con una sobrecarga total de : $0,776 \text{ kN/m}^2$

Puesto que la suma de todas las acciones variables y permanentes son menores a 1 kN/m^2 la instalación puede efectuarse sin ninguna clase de problema.

