

Escuela Técnica Superior de Ingenieros

INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Grado

**DISEÑO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA Y
FOTOVOLTAICA EN VIVIENDA UNIFAMILIAR
DESIGN OF SOLAR THERMAL AND
PHOTOVOLTAIC INSTALLATION IN A SINGLE-
FAMILY HOUSE**

Para acceder al Título de

GRUADO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Autor: Juan Cigales López

Junio-2023

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado (TFG) “Diseño de instalación solar térmica y fotovoltaica en vivienda unifamiliar” tiene por objetivo la autosuficiencia energética mediante la instalación de placas solares.

El objeto del proyecto es una vivienda unifamiliar conectada a red con compensación de excedentes, cubriendo tanto el consumo eléctrico como el agua caliente sanitaria (ACS) y con opción a beneficiarse de los excedentes generados.

El documento se divide en 4 partes: Memoria, Planos, Pliego de condiciones y Presupuesto. También se incluyen anejos en los que se realizan estudios y cálculos del diseño.

ABSTRACT

The purpose of this Final Degree Project (TFG) "Design of a solar thermal and photovoltaic installation in a single-family house" is energy self-sufficiency through the installation of solar panels.

The object of the project is a single-family house connected to the grid with compensation of surpluses, covering both electricity consumption and domestic hot water (DHW) and with the chance of benefiting from the surpluses generated.

The document is divided into 4 parts: Report, Plans, Specifications and Budget. It also includes appendices in which design studies and calculations are carried out.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	2
ABSTRACT	3
ÍNDICE GENERAL	4
INDICE FIGURAS	7
INDICE TABLAS	8
DOCUMENTO N.º 1 MEMORIA	9
1. MEMORIA	9
1.1. ANTECEDENTES	9
1.1.1. CONTEXTO Y MOTIVACIÓN DEL PROYECTO	9
1.1.2. OBJETIVOS	9
1.1.3. METODOLOGÍA	10
1.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN	10
1.2.1. OBJETO	10
1.2.2. LOCALIZACIÓN	11
1.3. NORMAS PARA LA CONSULTA	12
1.3.1. DISPOSICIONES LEGALES	12
1.3.2. PROGRAMAS UTILIZADOS	13
1.4. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	13
1.4.1. CÉLULA Y MÓDULOS	13
1.4.2. INVERSOR	15
1.4.3. CABLEADO	16
1.4.3.1. CONEXIÓN CORRIENTE CONTINUA	16
1.4.3.2. CONEXIÓN CORRIENTE ALTERNA	16
1.4.3.3. PUESTA A TIERRA	17
1.4.4. PROTECCIONES	17
1.4.5. ESTRUCTURAS	18
1.4.6. ESQUEMA ELÉCTRICO	19

1.5.	AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)	20
1.5.1.	CAPTADOR SOLAR	20
1.5.2.	ACUMULADOR ACS	22
1.5.3.	SOPORTES PANELES	24
1.5.4.	ESQUEMA Y FUNCIONAMIENTO	25
2.	ANEJOS DE LA MEMORIA.....	27
	ANEJO 1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO	27
	ANEJO 2. DATOS INICIALES. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS.....	29
	ANEJO 3. RADIACIÓN SOLAR.....	30
	ANEJO 4. CONSUMO VIVIENDA	31
4.1.	LUZ	31
4.2.	AGUA.....	31
	ANEJO 5. CÁLCULO DEL NUMERO DE PANELES SOLARES.....	32
	ANEJO 6. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES	35
6.1.	CÁLCULO DE LA SECCIÓN POR CALENTAMIENTO	35
6.2.	CAÍDA DE TENSIÓN.....	37
6.3.	PUESTA A TIERRA	38
	ANEJO 7. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD	39
7.1.	OBJETO.....	39
7.2.	CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN	39
7.3.	IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS.....	40
7.4.	MEDIDAS PREVENTIVAS.....	40
7.5.	MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS	42
	ANEJO 8. PERDIDAS DE POTENCIA.....	43
	ANEJO 9. VIABILIDAD ENERGÉTICA.....	45
	ANEJO 10. TARIFA CON COMPENSACIÓN SIMPLIFICADA DE EXCEDENTES.....	47
	ANEJO 11. VIABILIDAD ECONÓMICA	48
	DOCUMENTO N.º 2. PLANOS	52
1.	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	52
2.	ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN	52
3.	VISTAS DE LA VIVIENDA	52
4.	ESQUEMA UNIFILAR DE LA VIVIENDA	52

DOCUMENTO Nº3. PLIEGO DE CONDICIONES	57
1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO	57
2. GENERALIDADES	57
3. DEFINICIONES	58
4. DISEÑO.....	59
4.1. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS.....	59
4.2. DIMENSIONADO DEL SISTEMA	60
5. COMPONENTES Y MATERIALES	60
5.1. ESTRUCTURA.....	60
5.2. GENERADOR FOTOVOLTAICO	61
5.3. INVERSOR.....	61
5.4. CABLEADO.....	62
5.5. CAPTADOR SOLAR.....	63
5.6. ACUMULADOR	63
DOCUMENTO Nº4. PRESUPUESTO	65
1. PRESUPUESTO Y MEDICIONES.....	65
1.1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	65
1.2. INSTALACIÓN ACS	67
1.3. PROTECCIONES	69
1.4. SEGURIDAD Y SALUD.....	70
2. PRESUPUESTO GENERAL	72
2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (PEM).....	72
2.2. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	73
2.3. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	74
2.4. SUBVENCIONES Y PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN REVISADO.....	74

INDICE FIGURAS

Ilustración 1: Imagen de la vivienda. Fuente: Google Maps.....	11
Ilustración 2: Plano catastral de la vivienda. Fuente: Catastro.	11
Ilustración 3: Módulo fotovoltaico. Fuente: Maxeon Solar Technologies	14
Ilustración 4: Estructura metálica de paneles fotovoltaicos. Fuente: Sunfer Energy	19
Ilustración 5: Sistema de regulación de ángulo de inclinación. Fuente: Sunfer Energy.....	19
Ilustración 6: Esquema eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a red. Fuente: Elaboración propia	20
Ilustración 7: Captador solar. Fuente: WOLF.....	21
Ilustración 8: Acumulador ACS. Fuente: WOLF.....	22
Ilustración 9: Dimensiones acumulador ACS. Fuente: WOLF	23
Ilustración 10: Soporte de panel solar ACS. Fuente: WOLF.....	25
Ilustración 11: Esquema de funcionamiento del sistema ACS. Fuente: WOLF.....	25
Ilustración 12: Método de instalación para bandejas perforadas. Fuente: ITC-BT-06 (REBT) 36	
Ilustración 13:Método de instalación para cables en tubo. Fuente: ITC-BT-06 (REBT).....	37
Ilustración 14:Inclinación óptima. Elaboración: PVGIS.....	59

INDICE TABLAS

Tabla 1: Características eléctricas del módulo fotovoltaico. Fuente: Maxeon Solar Technologies	14
Tabla 2: Especificaciones técnicas del inversor. Fuente: Huawei.....	16
Tabla 3: Especificaciones técnicas del conductor de CC. Fuente: Prysmian Group	16
Tabla 4: Especificaciones técnicas del conductor de CA. Fuente: Miguélez Cables	17
Tabla 5: Especificaciones técnicas del conductor de puesta a tierra. Fuente: Miguélez Cables	17
Tabla 6: Características técnicas del captador solar. Fuente: WOLF.....	21
Tabla 7: Características del acumulador ACS. Fuente: WOLF.....	24
Tabla 8: Irradiancia mensual. Fuente: PVGIS.....	30
Tabla 9. Horas sol pico mensuales. Fuente: Elaboración propia	32
Tabla 10: Comparativa del conjunto de módulos y el inversor. Fuente: Elaboración propia .	34
Tabla 11: Intensidades máximas y sección equivalente para el método E. Fuente: ITC-BT-06 (REBT).....	36
Tabla 12: Intensidades máximas y sección equivalente para el método B1. Fuente: ITC-BT-06 (REBT).....	37
Tabla 13: Sección de los conductores para la puesta a tierra. Fuente: ITC-BT-18 (REBT).....	38
Tabla 14: Parámetros de pérdida de potencia del sistema. Fuente. Fuente: IDAE.....	44
Tabla 15: Consumos eléctricos de la vivienda. Fuente: Elaboración propia	45
Tabla 16: Balance energético consumo/producción de la vivienda. Fuente: Elaboración propia	46
Tabla 17: Balance económico. Fuente: Elaboración propia	48
Tabla 18: Balance económico VAN. Fuente: Elaboración propia	50
Tabla 19: Valores máximos de pérdidas de radiación del generador. Fuente IDAE	59
Tabla 20: Presupuesto de ejecución de material. Fuente: Elaboración propia.....	72
Tabla 21: Presupuesto base de licitación. Fuente: Elaboración propia.....	73
Tabla 22: Presupuesto para conocimiento de la administración. Fuente: Elaboración propia	74
Tabla 23: Presupuesto total de la instalación. Elaboración propia	75

DOCUMENTO N.º 1 MEMORIA

1. MEMORIA

1.1. ANTECEDENTES

El autor del presente TFG dispone de una vivienda unifamiliar habitada por 4 personas en la localidad de Santander. Se pretende abastecer tanto de electricidad como de agua caliente mediante una instalación solar, tanto fotovoltaica como termo solar.

1.1.1. CONTEXTO Y MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad, la energía renovable se ha convertido en una alternativa para combatir el cambio climático y reducir el consumo de los combustibles fósiles. La instalación de sistemas renovables, en especial los fotovoltaicos, en residencias es cada vez más popular en España debido a que se encuentra en una posición óptima para aprovechar al máximo esta tecnología.

El presente TFG se centra en el diseño y la implementación de una instalación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar conectada a red. La principal motivación de este proyecto es buscar una solución sostenible y respetuosa con el medio ambiente para satisfacer las necesidades energéticas de la vivienda.

En cuanto a la sostenibilidad, la energía solar es una buena opción para reducir la huella de carbono ya que en la producción de electricidad con este sistema no se emplea la combustión, por lo que se evita la emisión de gases de efecto invernadero.

1.1.2. OBJETIVOS

El objetivo principal del presente TFG es la implementación de una instalación fotovoltaica, con el fin de alcanzar los siguientes objetivos específicos.

- Autosuficiencia energética: El objetivo es la producción de electricidad necesaria para cubrir el consumo eléctrico, minimizando así la dependencia de la red eléctrica.

- **Ahorro económico:** Se pretende reducir el gasto de la factura de electricidad obteniéndola a través de un sistema propio. Este ahorro es a largo plazo ya que se necesitan unos años para amortizar los costes de la instalación.
- **Sostenibilidad ambiental:** Es uno de los principales objetivos, la reducción de la emisión de CO2 mediante la implementación de sistemas de generación eléctrica renovables.

1.1.3. METODOLOGÍA

La metodología llevada a cabo para la realización de este proyecto es la siguiente:

- **Estudio del emplazamiento:** Se realiza un estudio sobre la ubicación de la vivienda analizando tanto sus características climatológicas como su orientación, sombras, horas de sol, etc.
- **Estudio del consumo:** Se estudia el consumo energético de la vivienda para posteriormente hacer el diseño de la instalación.
- **Diseño de la instalación:** Con los datos obtenidos anteriormente se realizan cálculos eléctricos necesarios para la instalación.
- **Elección de componentes:** Se hace un estudio de mercado de los diferentes componentes que forman la instalación. Se tiene en cuenta la calidad-precio de estos para abaratar costes y así disminuir el tiempo de amortización
- **Análisis de la instalación:** Una vez diseñada la instalación con sus componentes se procede al estudio económico y se realiza un balance energético para comprobar si cumple con los objetivos propuestos.

1.2. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

1.2.1. OBJETO

El objeto del presente TFG es el estudio y diseño de una instalación solar en una vivienda unifamiliar con el fin de que sea, en su mayor medida, energéticamente sostenible. La vivienda está conectada a red por si fuera necesario en los meses de invierno, ya que la

producción va a ser menor.

La instalación contará con unos paneles fotovoltaicos para la producción de electricidad y un panel termosolar que abastecerá de agua caliente sanitaria (ACS).

1.2.2. LOCALIZACIÓN

La vivienda unifamiliar objeto de este TFG está situado en la calle Aviche 63C de Santander, Cantabria. Las coordenadas de la vivienda son 43°28'33.4"N 3°49'18.8"W a una altitud de 53 metros.



Ilustración 1: Imagen de la vivienda. Fuente: Google Maps.



Ilustración 2: Plano catastral de la vivienda. Fuente: Catastro.

1.3. NORMAS PARA LA CONSULTA

1.3.1. DISPOSICIONES LEGALES

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Técnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- 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
- Pliego de condiciones técnicas de instalaciones conectadas a red de IDAE.
- Real Decreto 187/2016, de 6 de mayo, por el que se regulan las exigencias de seguridad del material eléctrico destinado a ser utilizado en determinados límites de tensión.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos y modificaciones posteriores.
- Guía técnica de aplicación del reglamento electrotécnico de baja tensión BT-40.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

1.3.2. PROGRAMAS UTILIZADOS

- PVGIS

PVGIS es una aplicación oficial desarrollada por la Unión Europea que permite calcular tu producción fotovoltaica en cualquier zona de Europa permitiendo al usuario conocer las ventajas o desventajas que tendría que instalar un equipo de autoconsumo en una zona geográfica determinada.

Con este programa se han obtenido datos tales como HSP, irradiancia y se ha obtenido un estudio orientativo del funcionamiento de la instalación.

- Arquímedes

Arquímedes es una herramienta de gestión de obra que permite realizar todo tipo de presupuestos de un proyecto, sus mediciones, certificaciones, múltiples documentos técnicos asociados al proyecto, así como la planificación y el control de obra durante su proceso constructivo.

Arquímedes ha permitido la creación de los presupuestos del Documento nº.4 “Presupuesto” del presente proyecto.

- AutoCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por computadora utilizado para dibujo 2D y modelado 3D. Es uno de los programas más usados por arquitectos, ingenieros, diseñadores industriales y otros usuarios.

Con AutoCAD se han creado los planos necesarios del Documento nº.2 “Planos” del presente proyecto.

1.4. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

1.4.1. CÉLULA Y MÓDULOS

Los módulos empleados son del fabricante SunPower modelo SunPower Maxeon 3-430

Panel de 112 Células / Rango de potencia: 415-430W / Eficiencia: hasta un 22,7%

Datos eléctricos	
	SPR-MAX3-430
Potencia nominal (Pnom)	430 W
Tolerancia de potencia	+5/0%
Eficiencia de los paneles	22,7%
Tensión nominal (Vmpp)	70,4 V
Intensidad nominal (Impp)	6,11 A
Tensión de circuito abierto (Voc) (+/-3)	81,4 V
Intensidad de cortocircuito (Isc) (+/-3)	6,57 A
Máx. tensión del sistema	1000 V IEC
Fusible de serie máxima	20 A
Coef. potencia-temperatura	-0,27% / oC
Coef. tensión-temperatura	-0,236% / oC
Coef. intensidad-temperatura	0,058% / oC

Tabla 1: Características eléctricas del módulo fotovoltaico. Fuente: Maxeon Solar Technologies

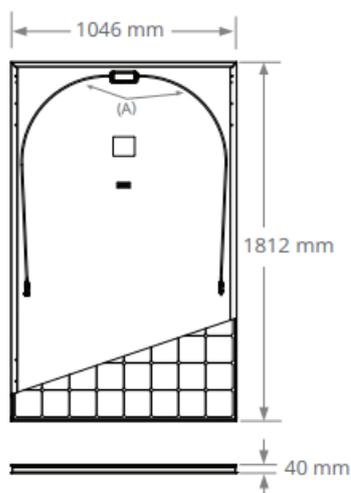


Ilustración 3: Módulo fotovoltaico. Fuente: Maxeon Solar Technologies

1.4.2. INVERSOR

El inversor elegido es un Huawei SUN2000-3KTL-L1 3000W de las siguientes características

Especificaciones técnicas	SUN 2000- 3KTL-L1
Eficiencia máxima	98,2%
Eficiencia europea	96,7%
Entrada (FV)	
Entrada de CC máxima recomendada	4500 Wp
Máx. tensión de entrada	600V
Rango de operación de MPPT	90 V – 560 V
Tensión nominal de entrada	360V
Máx. intensidad por MPPT	12,5 A
Máx. intensidad de cortocircuito por MPPT	18A
Entrada (Batería CC)	
Rango de tensión de operación	350-450 Vcc
Máx. corriente de operación	10 A
Potencia de carga máxima	3500 W
Potencia máxima de descarga	3300 W
Salida	
Conexión a la red eléctrica	Monofásica
Potencia de salida nomina	3000W

Tensión nominal de salida	220 Vac / 230 Vac / 240 Vac
Frecuencia nominal de red de CA	50 Hz / 60Hz
Máxima intensidad de salida	15A
Factor de potencia ajustable	0,8 inductivo 0,8 capacitivo

Tabla 2: Especificaciones técnicas del inversor. Fuente: Huawei

1.4.3. CABLEADO

1.4.3.1. CONEXIÓN CORRIENTE CONTINUA

El conductor será un cable fotovoltaico reticulado tipo H1Z2Z2-K 1x4mm fabricado según EN 50618:2014.

Especificaciones técnicas	H1Z2Z2-K 1x4mm
Conductor	Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible)
Aislamiento	Compuesto HFFR reticulado y estabilizado
Cubierta exterior	Compuesto HFFR reticulado y estabilizado
Tensión de servicio	AC 1/1kV – DC 1,5/1,5kV
Máxima tensión admisible	DC 1,8 kV
Resistencia	5,09 Mohm/Km

Tabla 3: Especificaciones técnicas del conductor de CC. Fuente: Prysmian Group

1.4.3.2. CONEXIÓN CORRIENTE ALTERNA

El conductor será un cable eléctrico Barryflex RK-V 1x4mm²

Especificaciones técnicas	Barryflex RK-V 1x4mm
Conductor	Cobre electrolítico recocido, clase 5 (flexible)
Aislamiento	XLEP tipo DIX 3
Cubierta exterior	PVC tipo DMV-18
Tensión de servicio	0,6/1 kV
Máxima tensión admisible	3,5 kV
Resistencia	5,09 Mohm/Km

Tabla 4: Especificaciones técnicas del conductor de CA. Fuente: Miguélez Cables

1.4.3.3. PUESTA A TIERRA

El conductor de puesta a tierra será el mismo conductor que el de conexión alterna.

El conductor será un cable eléctrico Barryflex RK-V 1x4mm²

Especificaciones técnicas	Barryflex RK-V 1x4mm
Conductor	Cobre electrolítico recocido, clase 5 (flexible)
Aislamiento	XLEP tipo DIX 3
Cubierta exterior	PVC tipo DMV-18
Tensión de servicio	0,6/1 kV
Máxima tensión admisible	3,5 kV
Resistencia	5,09 Mohm/Km

Tabla 5: Especificaciones técnicas del conductor de puesta a tierra. Fuente: Miguélez Cables

1.4.4. PROTECCIONES

Las protecciones eléctricas son necesarias para proteger la seguridad de la instalación y equipos eléctricos. A parte de las protecciones que posee el propio inversor se implantarán las siguientes protecciones acorde al artículo 11 del R.D. 1663/2000:

- Interruptor general manual, que será un interruptor magnetotérmico con intensidad de cortocircuito superior a la indicada por la empresa distribuidora en el punto de conexión.
- Interruptor automático diferencial, con el fin de proteger a las personas en el caso de derivación de algún elemento de la parte continua de la instalación.
- 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, junto a un relé de enclavamiento.
- Protección para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 y 49 Hz, respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 y 0,85 Um, respectivamente).

1.4.5. ESTRUCTURAS

La estructura será una estructura inclinada regulable de 20° a 35° con las siguientes características:

- Soporte inclinado para cubiertas metálicas o subestructura.
- Anclaje a correas.
- Regulable de 20° a 35°
- Disposición de los módulos en vertical.
- tornillería y accesorios de acero inoxidable
- Estructura de aluminio anodizado



Ilustración 4: Estructura metálica de paneles fotovoltaicos. Fuente: Sunfer Energy

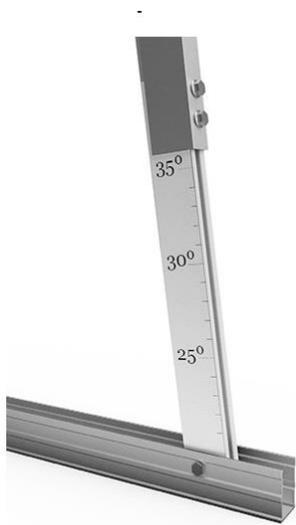


Ilustración 5: Sistema de regulación de ángulo de inclinación. Fuente: Sunfer Energy

1.4.6. ESQUEMA ELÉCTRICO

En los planos se representa el esquema unifilar de la instalación eléctrica.

En la Ilustración 6 se muestra el esquema eléctrico de la instalación compuesto por los paneles, el inversor, el cuadro de mando y protección.

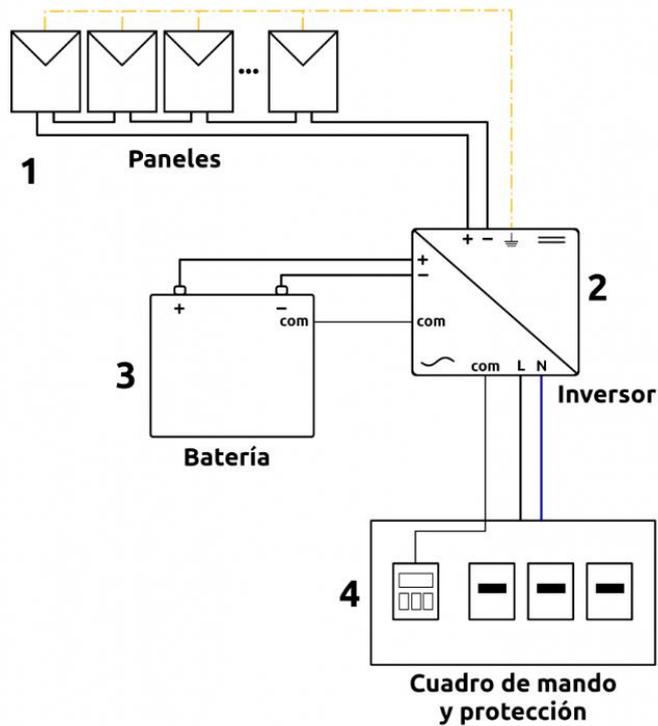
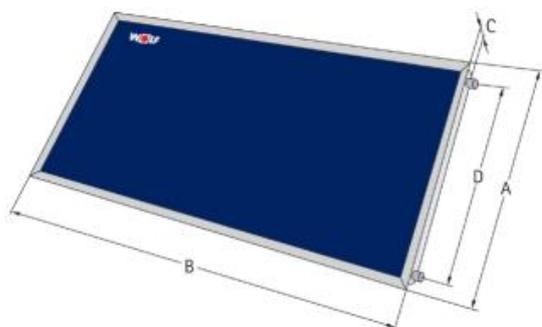


Ilustración 6: Esquema eléctrico de un sistema fotovoltaico conectado a red. Fuente: Elaboración propia

1.5. AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS)

1.5.1. CAPTADOR SOLAR

El captador solar se trata de un captador solar plano F3-1Q de la marca Wolf de las siguientes características:



TopSon F3-1Q

Ilustración 7: Captador solar. Fuente: WOLF

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	TopSon	F3-1	F3-1Q
Longitud	A mm	2099	1099
Anchura	B mm	1099	2099
Profundidad	C mm	110	110
Avance/retorno	D mm	1900	900
Conexiones (de junta plana con sobretuerca)	G	3/4"	3/4"
Ángulo de instalación		15° a 75°	15° a 75°
Área bruta	m ²	2,3	2,3
Rendimiento óptico $\eta_{0\text{ hem}}^{1)}$	%	70,4	70,7
Coefficiente de pérdida de calor $a_1^{1)}$	W/[m ² K]	3,037	3,152
Coefficiente de pérdida de calor $a_2^{1)}$	W/[m ² K ²]	0,014	0,010
Factor de corrección ángulo incidente $K_{\text{SD}^\circ}^{1)}$	%	95,0	94,0
Capacidad térmica C ¹⁾	kJ/[m ² K]	5,85	5,88
Superficie de apertura	m ²	2,0	2,0
Rendimiento óptico $\eta_{0\text{ hem}}^{2)}$	%	81,0	81,4
Coefficiente de pérdida de calor $k_1^{2)}$	W/[m ² K]	3,492	3,630
Coefficiente de pérdida de calor $k_2^{2)}$	W/[m ² K ²]	0,016	0,012
Factor de corrección ángulo incidente $K_{\text{SD}^\circ}^{2)}$	%	95,0	94,0
Capacidad térmica C ²⁾	kJ/[m ² K]	5,85	5,88
Temperatura de parada máxima	°C	194	189
Sobrepresión de servicio máx.	bar	10	10
Capacidad	litros	1,7	1,9
Peso (vacío)	kg	40	41
Caudal recomendado por captador	l/h	30 - 90	30 - 90
Líquido caloportador		ANRO (sin diluir)	ANRO (sin diluir)
Nº de registro Solar-Keymark		011-7S260F	011-7S2439F

Tabla 6: Características técnicas del captador solar. Fuente: WOLF

1.5.2. ACUMULADOR ACS

El acumulador es un acumulador Drain Back DB-150 con capacidad para 150 litros con bomba y centralita integradas.



Ilustración 8: Acumulador ACS. Fuente: WOLF

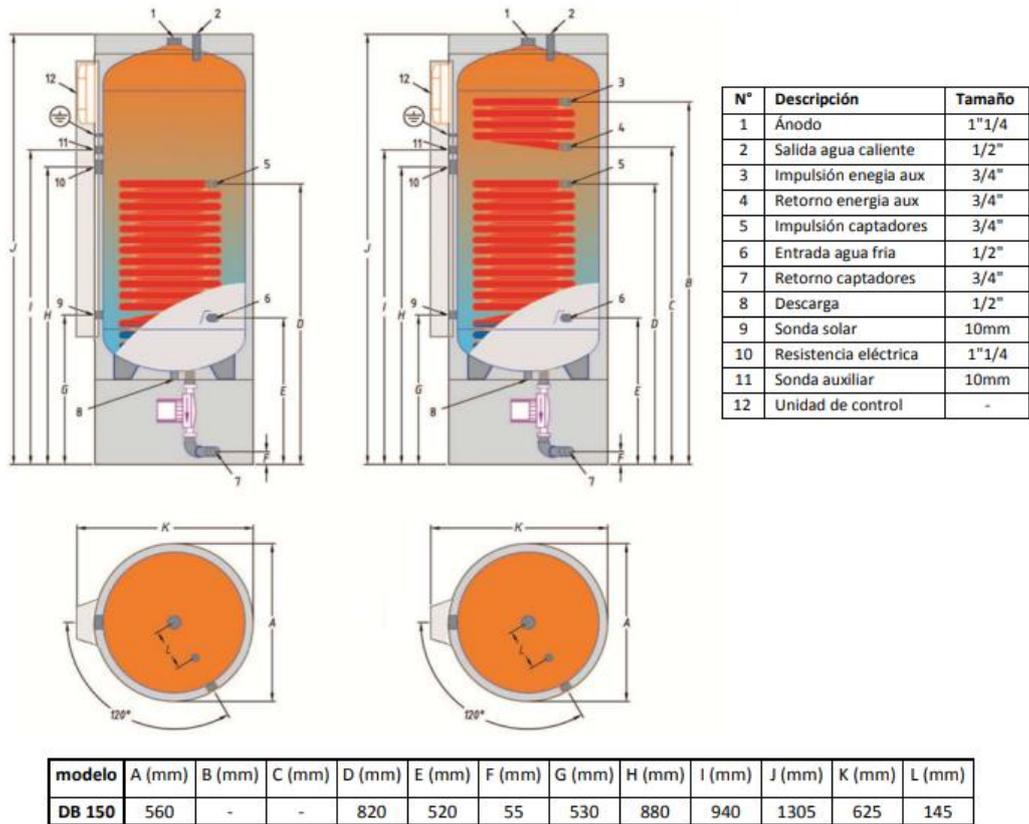


Ilustración 9: Dimensiones acumulador ACS. Fuente: WOLF

CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

	MODELO			
	DB 150	DB /DB2 200	DB / DB2 300	DB / DB2 450
Capacidad (L)	168	212	295	428
Aislamiento PU (30mm)	•	•		
Aislamiento PU (50mm)			•	•
Altura Interacumulador con aislamiento (mm)	1335	1530	1770	1810
Tamaño diagonal (mm)	1430	1680	1900	1960
Ø Interacumulador con aislamiento (30mm)	560	560	-	-
Ø Interacumulador con aislamiento (50mm)	-	-	640	850
Serpentín superior (m ²)		0,4	0,9	1
Serpentín inferior (m ²)	1	1,4	1,8	2,1
Capacidad serpentín sup. (L)	-	2,5	4,9	5,9
Capacidad serpentín inf. (L)	5,4	8,6	11	13,5
Potencia absorbida Serp. sup. (kW)	-	10	25	26
Potencia absorbida Serp. inf. (kW)	24	34	40	52
Medida necesaria para Serpentín sup. (m ³ /h)	-	0,5	1,0	1,1
Medida necesaria para Serpentín inf. (m ³ /h)	1	1,5	1,7	2,2
Producción de agua caliente 80°/60°C - 10°/45°C Serp. Sup. (DIN 4708)	-	0,3	0,6	0,7
Producción de agua caliente 80°/60°C - 10°/45°C Serp. Inf. (DIN 4708)	0,8	0,9	1,0	1,3
Caída de presión Serp. Sup. (mbar)	-	8	13	18
Caída de presión Serp. Inf. (mbar)	16	38	56	74
Coefficiente de rendimiento (NL) (DIN 4708)	3	4,8	5,7	9,3
Altura máxima de elevación de la bomba (Wilo ST 20/11) (m)	9			
Captador solar (m ²)	1 x 2,0	1 x 2,4	2 x 2,0	2 x 2,4
Tubo de cobre Ø12mm (entrega+ aspiración en m)	25 max.	25 max.	25 max.	25 max.
Unidad de control electrónico	dispositivo con 3 sondas			
Peso vacío (kg)	90	120	160	210
Presión máxima Serpentín (bar)	6			
Presión máxima en A.C.S. (bar)	10			
Temperatura máxima en A.C.S. (°C)	95			

Tabla 7: Características del acumulador ACS. Fuente: WOLF

1.5.3. SOPORTES PANELES

Soportes para paneles fabricadas en aluminio anodizado para montaje en cubierta plana (inclinaciones de 33º, 40º y 45º) o en acero para sobretejado.



Ilustración 10: Soporte de panel solar ACS. Fuente: WOLF

1.5.4. ESQUEMA Y FUNCIONAMIENTO

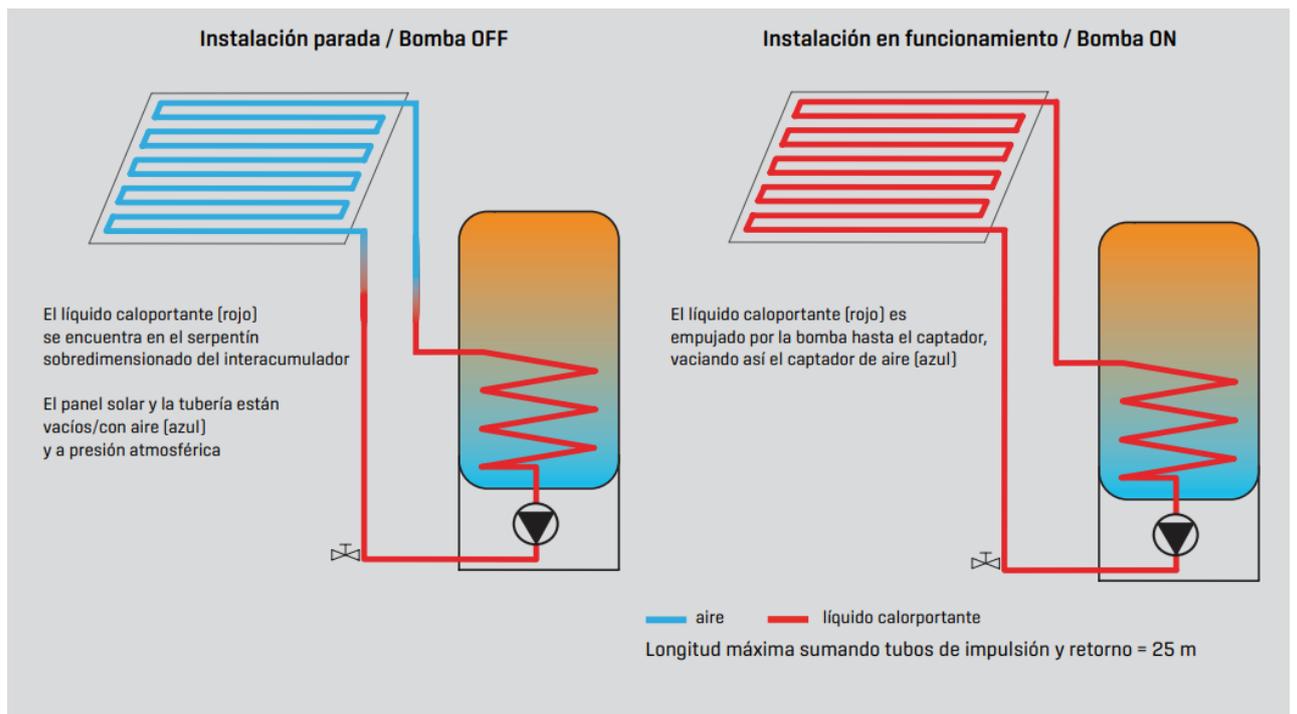


Ilustración 11: Esquema de funcionamiento del sistema ACS. Fuente: WOLF

Cuando la bomba de circulación del sistema está parada, el líquido solar por gravedad se deposita dentro del serpentín del interacumulador mientras que el aire del circuito primario se deposita en la parte más alta de la instalación, dentro de los captadores

solares y tuberías.

1.6. PRESUPUESTO

El presupuesto total de la instalación asciende a un precio de DIEZ MIL SETENTA Y DOS EUROS Y OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.

.

Santander, 20....

Fdo: Juan Cigales López

2. ANEJOS DE LA MEMORIA

ANEJO 1. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

Se trata de una instalación solar en una vivienda unifamiliar conectada a red que abastecerá tanto las necesidades de energía eléctrica como de ACS.

Los costes de la instalación son los siguientes:

- El presupuesto de la instalación asciende a 14.872,87 €.
- Las subvenciones recibidas por la instalación ascienden a 4.800 €.
- El coste total de la instalación son 10.072,87 €.

La viabilidad técnica y económica de la instalación frente a la solución eléctrica tradicional es la siguiente:

- El precio medio de la luz en el año 2022 es de 0,209 € /kWh
- El consumo estimado de energía eléctrica es de 2.948,26 kWh/año
- Anualmente el gasto de electricidad sería de 616,18 €
- El ahorro de ACS y electricidad sería de 763,74 euros/año.
- El tiempo de amortización de la instalación será de 14 años.

Las características de cada instalación son las siguientes:

Instalación fotovoltaica

- Potencia nominal de los módulos: 3,44 kWp
- Número de módulos: 8 módulos
- Potencia del módulo: 420 Wp
- Potencia nominal del inversor: 4,5 kWp
- Tensión de entrada del inversor: 360 V
- Tensión de salida del inversor: 220 V / 230 V / 240 V

Instalación ACS

- Capacidad del acumulador: 150 litros
- Número de paneles: 1 panel
- Área del panel: 2,3 m²
- Rendimiento óptico del panel: 81%

ANEJO 2. DATOS INICIALES. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

- El emplazamiento de la vivienda se encuentra a una altitud de 53 metros sobre el nivel del mar.
- Las coordenadas del emplazamiento son 43°28'33.4"N 3°49'18.8"W.
- La orientación de la vivienda es orientación sur.
- El área útil del tejado orientado hacia el sur es de 21 m².
- Las horas de luz solar del emplazamiento son 1.639 horas/año, y las HSP medias al año son 3,97 horas.
- La irradiancia obtenida anualmente es de 1559.58 kW/m².
- El consumo anual de energía eléctrica es de 2.400 kW/año.
- El consumo diario de ACS es de 112 litros/día.

ANEJO 3. RADIACIÓN SOLAR

La radiación solar es el conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. La magnitud que mide la radiación solar que llega a la tierra es la irradiancia, que mide la potencia por unidad de superficie que alcanza a la tierra. Su unidad es el W/m².

Para saber el número de paneles solares a instalar, primero hay que saber el nivel de irradiancia de la zona a estudiar.

A través del programa PVGIS se ha obtenido la siguiente tabla en la que se muestran los datos mensuales de irradiancia en la zona de Santander:

Mes	Irradiancia(kWh/m ²)
Enero	95,37
Febrero	111,12
Marzo	134,84
Abril	140,15
Mayo	183,20
Junio	142,87
Julio	166,53
Agosto	152,42
Septiembre	163,95
Octubre	98,83
Noviembre	110,44
Diciembre	59.86

Tabla 8: Irradiancia mensual. Fuente: PVGIS

Anualmente se obtiene una irradiancia de 1559.58 kW/m².

ANEJO 4. CONSUMO VIVIENDA

4.1. LUZ

Para determinar el consumo eléctrico de la vivienda se han revisado facturas de viviendas con características similares y se ha concluido que el consumo medio mensual será de 200 kWh/mes, que también se puede traducir en 2400 kWh/año o **6,57 kWh/día**.

4.2. AGUA

El cálculo del consumo de agua caliente sanitaria (ACS) se realiza basándose en el Anejo F del documento DB-HE4 del Código Técnico sobre el Ahorro de Energía.

La demanda de referencia de ACS para edificios de uso residencial privado se obtendrá considerando unas necesidades de 28 litros/día*persona a 60°C.

Esta vivienda está ocupada por 4 personas por lo que el cálculo sería:

$$\text{Demanda diaria} = 28 \frac{\text{litros}}{\text{persona} \cdot \text{día}} * 4 \text{ personas} = \mathbf{112} \frac{\text{litros}}{\text{día}}$$

ANEJO 5. CÁLCULO DEL NUMERO DE PANELES SOLARES

Para dicho cálculo antes se debe de tener en cuenta un aspecto importante que son las HSP (Horas de Sol Pico). Las horas de sol pico es una unidad de medida de irradiación suponiendo una radiación de $1000\text{W}/\text{m}^2$, es decir, la hora solar pico nos indica el número de horas en las que se recibe una irradiación de $1000\text{W}/\text{m}^2$.

Para saber las HSP de cada mes hay que dividir la irradiancia, proporcionada en el anejo 4, por los días que tiene cada mes.

Mes	Irradiancia (kWh/m^2)	HSP
Enero	95,37	3,07
Febrero	111,12	3,96
Marzo	134,84	4,35
Abril	140,15	4,67
Mayo	183,20	5,91
Junio	142,87	4,76
Julio	166,53	5,55
Agosto	152,42	4,91
Septiembre	163,95	5,46
Octubre	98,83	3,18
Noviembre	110,44	3,68
Diciembre	59,86	1,93

Tabla 9. Horas sol pico mensuales. Fuente: Elaboración propia

A parte de las HSP son necesarios los datos del panel fotovoltaico elegido y el consumo diario:

- Panel fotovoltaico:

Potencia nominal $P_{nom}=430W$

Tensión nominal $V_{mpp}=70,4V$

Corriente nominal $I_{mpp}=6,4A$

Tensión circuito abierto $V_{oc}=81,4V$

Intensidad de cortocircuito $I_{sc}=6,57A$

Rendimiento $\eta=22,7\%$

- Consumo diario:

$C_{dia}=6,57kWh$

Primero se calcula cuánto puede generar un panel al día, realizando los cálculos acordes al mes más desfavorable, en nuestro caso es diciembre:

$$E_p = P_{nom} * \eta * HSP = 430 * 0,227 * 1,93 = 188,39W$$

Una vez sabemos lo que genera un solo panel diario hay que dividir el consumo total diario de la vivienda entre lo que genera un panel/día

$$N^{\circ} \text{ paneles} = \text{Consumo diario (kWh)} / E_p = 6570 \text{ W} / 188,39W = 34,87 \text{ paneles.}$$

El número de paneles obtenidos es demasiado grande, ya que la superficie disponible no tiene espacio para tantos, por lo que se va a optar por instalar el mayor número de paneles en el espacio disponible. Así que se van a instalar **8 paneles solares**, con 2 filas en paralelo con 4 paneles cada una.

Para asegurarse de que el sistema fotovoltaico funciona bien hay que comprobar si la elección hecha es compatible con el inversor.

Sistema de 8 paneles con 2 filas paralelas de 4 módulos cada una:

$$\text{-Potencia nominal} = 420W/\text{panel} * 8 \text{ paneles} = 3440Wp$$

$$\text{-}V_{mpp} = 70,4V/\text{panel} * 4 \text{ paneles} = 281,6V$$

$$\text{-}I_{mpp} = 6,11A/\text{fila} * 2 \text{ filas} = 12,22A$$

-Voc=81,4V/panel*4 paneles= 325,6V

-Isc=6,57A/fila*2 filas= 13,14A

Parámetro	Paneles FV	Inversor
Potencia	3440Wp	4500Wp
Vmpp	281,6V	90,0 V – 560,0 V
Impp	12,22A	12,50 A
Voc	325,6V	560,0 V
Isc	13,14A	18,00 A

Tabla 10: Comparativa del conjunto de módulos y el inversor. Fuente: Elaboración propia

El inversor funciona en este sistema fotovoltaico.

ANEJO 6. CÁLCULO DE LA SECCIÓN DE LOS CONDUCTORES

6.1. CÁLCULO DE LA SECCIÓN POR CALENTAMIENTO

No se puede sobrepasar la intensidad máxima admisible que puede soportar el conductor para que el aislante del conductor no se caliente en exceso y pueda deteriorarse o quemarse.

Esta intensidad viene determinada por el REBT (Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión de España).

- Corriente continua

La intensidad máxima que puede circular por el conductor serían 13,14 A, pero según la ITC-BT-06 del REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión en España) incluye unos factores de corrección en función de ciertas características de la instalación.

En este caso los factores de corrección son los siguientes:

-Instalación expuesta directamente al sol: $f_{sol}=0,9$

-Agrupación de varios cables: $f_{cable}=0,89$

-Factores de corrección en función de la temperatura ambiente: $f_{temp}=1,14$

La ecuación para obtener una intensidad máxima admisible con los siguientes factores de corrección es la siguiente:

$$I_b' = \frac{I_b}{f_{sol} * f_{cable} * f_{temp}} = \frac{13,14}{0,9 * 0,89 * 1,14} = 14,39 \text{ A}$$

I_b' : corriente de cortocircuito corregida.

Ya que la instalación va a ser sobre bandejas perforadas, se usará el método de instalación E.

31		<p>Cables unipolares o multipolares:</p> <p>Sobre bandejas perforadas en recorrido horizontal o vertical ^{c, h}</p> <p>NOTA Refiérase al apartado B.52.6.2 para su descripción</p>	E o F
----	--	---	-------

Ilustración 12: Método de instalación para bandejas perforadas. Fuente: ITC-BT-06 (REBT)

En la siguiente tabla se va a elegir la sección mínima del conductor a través del método E del RDBT y con el aislamiento XLPE 2.

B2			PVC3	PVC2				XLPE 3		XLPE 2										
C					PVC3				PVC2				XLPE 3				XLPE 2			
E							PVC3				PVC2				XLPE 3				XLPE 2	
F									PVC3				PVC2				XLPE 3		XLPE 2	
1	2	3	4	5a	5b	6a	6b	7a	7b	8a	8b	9a	9b	10a	10b	11	12	13		
Sección mm ² Cobre																				
1,5	11	11,5	12,5	13,5	14	14,5	15,5	16	16,5	17	17,5	19	20	20	20	21	23	-		
2,5	15	15,5	17	18	19	20	20	21	22	23	24	26	27	26	28	30	32	-		
4	20	20	22	24	25	26	28	29	30	31	32	34	36	36	38	40	44	-		
6	25	26	29	31	32	34	36	37	39	40	41	44	46	46	49	52	57	-		

Tabla 11: Intensidades máximas y sección equivalente para el método E. Fuente: ITC-BT-06 (REBT)

Se obtiene la sección mínima del conductor de 1,5 mm².

- Corriente alterna

Los criterios para el cálculo de la sección del conductor son iguales tanto en alterna como en continua.

La corriente máxima que puede circular a la salida del inversor serían 15 A. Y el cableado va a ser en tubo hueco de la construcción.

$$I_b' = \frac{I_b}{f_{\text{cable}}} = \frac{15}{0,89} = 16,85 \text{ A}$$

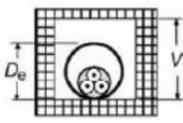
42		Cables unipolares o multipolares en tubo un hueco de la construcción ^{c,k}	En estudio. Pueden usarse los siguientes: $1,5 D_e \leq V < 20 D_e$ B2 $V \geq 20 D_e$ B1
----	---	---	---

Ilustración 13: Método de instalación para cables en tubo. Fuente: ITC-BT-06 (REBT)

El método empleado será el B1, y acudiendo a la siguiente tabla obtenemos la sección de 1,5 mm².

Sección	Método de instalación A				Método de instalación A2				Método de instalación B1				Método de instalación B2			
	2x		3x		2x		3x		2x		3x		2x		3x	
	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC	XLPE	PVC
1,5	16	13	15	11,5	15	11,5	13,5	11	21	15	18	13,5	18	13,5	16	13
2,5	22	17,5	21	16	21	16	18,5	15	29	21	25	18,5	25	18,5	22	17,5
4	30	23	27	21	27	21	24	20	38	27	34	24	34	24	30	23
6	37	30	36	27	36	27	32	25	49	36	44	32	44	32	37	30
10	52	40	50	37	50	37	44	34	68	50	60	44	60	44	52	40
16	70	54	66	49	66	49	59	45	91	66	80	59	80	59	70	54
25	88	70	84	64	84	64	77	59	116	84	106	77	106	77	88	70
35	110	86	104	77	104	77	96	-	144	104	131	96	131	96	110	86
50	133	103	125	94	125	94	117	-	175	125	159	117	159	117	133	103
70	171	-	160	-	160	-	149	-	224	160	202	149	202	149	171	-
95	207	-	194	-	194	-	180	-	271	194	245	180	245	180	207	-
120	240	-	225	-	225	-	208	-	314	225	284	208	284	208	240	-
150	278	-	260	-	260	-	236	-	363	260	338	236	338	236	278	-
185	317	-	297	-	297	-	268	-	415	297	386	268	386	268	317	-
240	374	-	350	-	350	-	315	-	490	350	455	315	455	315	374	-
300	423	-	404	-	404	-	360	-	565	404	524	360	524	360	423	-

Tabla 12: Intensidades máximas y sección equivalente para el método B1. Fuente: ITC-BT-06 (REBT)

6.2. CAÍDA DE TENSIÓN

El método nos permitirá limitar la caída de tensión en toda la instalación a un 1%. El cálculo para la obtención de la mínima sección bajo el método de caída de tensión es el siguiente:

$$S = \frac{2 * l * I_b}{\gamma * U_r * V_{mpp}}$$

l: Longitud del conductor

I_b: Intensidad de cortocircuito máxima

γ: Conductividad del cobre a 70º

Ur: Caída de tensión máxima recomendada

Vmpp: Tensión mínima de máxima potencia del inversor

- Corriente continua

$$S = \frac{2 \cdot 10 \cdot 13,14}{48 \cdot 1\% \cdot 160} = 3,42 \text{ mm}^2$$

$$S = 4 \text{ mm}^2$$

- Corriente alterna

$$S = \frac{2 \cdot 10 \cdot 15}{48 \cdot 1\% \cdot 230} = 2,7 \text{ mm}^2$$

$$S = 4 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, las secciones de los conductores, tanto del circuito de corriente alterna como el de corriente continua, serán de **S=4mm²**.

6.3. PUESTA A TIERRA

Acorde a la ITC-BT-18 la sección de los conductores de protección será la indicada en la siguiente tabla.

Sección de los conductores de fase de la instalación S (mm²)	Sección mínima de los conductores de protección S_p (mm²)
S ≤ 16	S _p = S
16 < S ≤ 35	S _p = 16
S > 35	S _p = S/2

Tabla 13: Sección de los conductores para la puesta a tierra. Fuente: ITC-BT-18 (REBT)

Los valores de esta tabla solo son válidos en caso de que los conductores de protección hayan sido fabricados del mismo material que los conductores activos.

Por lo tanto, los conductores de esta instalación al ser menores de 16 mm² serán de **S=4 mm²**.

ANEJO 7. ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD Y SALUD

7.1. OBJETO

Este documento establece, durante la ejecución de la obra de la instalación fotovoltaica, las medidas de seguridad y salud necesarias para la prevención de accidentes y la protección de la salud de las personas involucradas en la obra.

Dicho estudio seguirá las directrices del Real Decreto 1627/1997, del 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras en construcción.

En el proyecto, el promotor designará un coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra. Dicho coordinador será el autor del presente TFG.

7.2. CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

- **Descripción de la obra**

Las obras proyectadas consisten en el acondicionamiento del terreno para la instalación del sistema termo solar, instalación de los soportes sobre el tejado de la vivienda, instalación de los módulos sobre los soportes, conexión de los paneles y elementos de protección. Construcción de una pequeña caseta para el inversor.

- **Presupuesto**

El presupuesto de ejecución de la instalación está indicado en el Documento 4 del presente proyecto.

- **Plazo de ejecución**

El plazo de ejecución está definido en el contrato.

- **Personal**

El número de trabajadores que ejecutarán la obra simultáneamente oscilará entre un máximo de 4 trabajadores y un mínimo de 2.

7.3. IDENTIFICACIÓN DE RIESGOS

Para llevar a cabo la obra, es necesario realizar una identificación de los riesgos que se puedan presentar durante la misma.

- Caídas de altura debido al trabajo en la cubierta de la vivienda.
- Choques eléctricos debido a la manipulación de equipos eléctricos
- Lesiones debido a la manipulación de herramientas manuales y maquinaria.

7.4. MEDIDAS PREVENTIVAS

Para minimizar los riesgos identificados, se deben aplicar una serie de medidas preventivas, divididas en medidas colectivas y medidas individuales

- **Medidas individuales**

Las medidas individuales se realizan mediante el uso de EPI (Equipo de Protección Individual) los cuales se utilizarán cuando los riesgos no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medios técnicos y queden riesgos de cuantía significativa.

Los equipos de protección a usar serán los siguientes:

- a) Casco: Protege la cabeza contra posibles impactos o caídas de objetos durante la instalación de los módulos.
- b) Guantes: Evitan cortes o quemaduras en las manos por el manejo de herramientas y cables eléctricos.
- c) Gafas de seguridad: Protegen los ojos de posibles impactos, salpicaduras de líquidos o partículas.
- d) Calzado de seguridad: Ayuda a prevenir lesiones en los pies por caídas de objetos o materiales.
- e) Ropa de trabajo adecuada: Es necesario usar ropa resistente y holgada, que permita libertad de movimiento, para evitar enganches o atrapamientos durante la instalación de los módulos.

Es importante tener en cuenta que el uso de estos EPI no garantiza la eliminación total de los riesgos, sino que minimiza la posibilidad de lesiones.

Además, es importante que el personal esté capacitado para el uso adecuado de los EPI y que se revisen regularmente para asegurarse de que se encuentren en buen estado y funcionamiento.

- **Medidas colectivas**

Además del uso de los EPI, también se deben implementar medidas de prevención colectivas para minimizar los riesgos asociados.

Las medidas colectivas a implementar serían las siguientes:

- a) Señalización de zonas de trabajo: Es necesario señalar las zonas de trabajo y restringir el acceso a personas no autorizadas para evitar posibles accidentes o lesiones.
- b) Uso de andamios y plataformas: Ya que la instalación es en altura se debe utilizar andamios y plataformas para evitar posibles caídas y asegurar una estabilidad durante el trabajo.
- c) Uso de herramientas y equipos adecuados: Se deben utilizar herramientas y equipos adecuados para cada tarea, revisándolas periódicamente de que se encuentran en buen estado.
- d) Mantenimiento y limpieza del área de trabajo: Se debe mantener la zona de trabajo limpia y ordenada para evitar tropiezos y caídas.
- e) Formación y capacitación del personal: El personal debe estar capacitado y formado para la realización de su trabajo. Además, deben de conocer las medidas de prevención y seguridad necesarias para minimizar los riesgos.

Es importante recordar que estas medidas de prevención colectivas deben ser implementadas junto con el uso adecuado de los EPI.

7.5. MEDICINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS

Se dispondrá de un botiquín portátil que contenga desinfectantes y antisépticos autorizados, gasas estériles, algodón hidrófilo, venda, esparadrapo, apósitos adhesivos, tijeras, pizas y guantes desechables. Tal y como especifica el RD 486/1997 de 14 de abril.

ANEJO 8. PERDIDAS DE POTENCIA

Para el cálculo de las pérdidas de potencia hay que considerar el rendimiento energético de la instalación o “performance ratio” PR, que define la eficiencia de la instalación en condiciones reales de trabajo. El PR es un dato adimensional que tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- Eficiencia con la temperatura.
- Eficiencia del cableado.
- Pérdidas por errores de seguimiento en el punto de máxima potencia.
- Eficiencia energética del inversor.
- Otros.

El cálculo del rendimiento de la instalación se obtiene con el producto de los coeficientes de pérdidas, los cuáles son:

L_{cab} : Pérdidas de potencia en los cableados de CC.

L_{tem} : Pérdidas medias anuales por temperatura.

L_{pot} : Pérdidas de potencia debidas al polvo sobre los módulos.

L_{dis} : Pérdidas de potencia por dispersión de parámetros entre módulos.

L_{ref} : Pérdidas de potencia por reflectancia angular espectro.

Los valores de estos coeficientes vienen dados en la siguiente tabla

Parámetro	Valor estimado, media anual
L_{cab}	0,02
L_{tem}	0,08
L_{pot}	0,03
L_{dis}	0,02
L_{ref}	0,03

Tabla 14: Parámetros de pérdida de potencia del sistema. Fuente: IDAE

$$PR = (1 - L_{cab}) * (1 - L_{tem}) * (1 - L_{pot}) * (1 - L_{dis}) * (1 - L_{ref}) = (1 - 0,02) * (1 - 0,08) * (1 - 0,03) * (1 - 0,02) * (1 - 0,03) = 0,831$$

Por lo tanto, el rendimiento energético de la instalación es del 83,1%

ANEJO 9. VIABILIDAD ENERGÉTICA

En este apartado se pretende estudiar el ahorro energético anual y en cuánto tiempo se va a rentabilizar la instalación.

En la siguiente tabla se muestran los consumos eléctricos mensuales de la vivienda.

Mes	Consumo (kWh)	Mes	Consumo (kWh)
Enero	261,29	Julio	216,78
Febrero	211,34	Agosto	211,90
Marzo	228,91	Septiembre	211,97
Abril	223,37	Octubre	215,22
Mayo	199,98	Noviembre	260,55
Junio	210,08	Diciembre	268,53

Tabla 15: Consumos eléctricos de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenida la tabla de consumos se puede observar diciembre y enero son los meses que más energía se consume y que además son los meses que menos HSP hay.

Otro dato necesario es la energía producida cada mes en la instalación fotovoltaica a estudiar. Se ha obtenido esa información a través de PVGIS, que muestra la producción de energía. A continuación, se muestra la tabla en la que se muestra la energía producida y su balance energético mes a mes.

Mes	Consumo (kWh)	Producción (kWh)	Balance (kWh) (Producción-Consumo)
Enero	261,29	167,03	-94,26
Febrero	211,34	203,51	-7,83
Marzo	228,91	284,28	55,37
Abril	223,37	309,54	86,17
Mayo	199,98	336,22	136,24
Junio	210,08	321,01	110,93
Julio	216,78	337,38	120,60
Agosto	211,90	333,31	121,41
Septiembre	211,97	315,20	103,23
Octubre	215,22	258,02	42,80
Noviembre	260,55	182,40	-78,15
Diciembre	268,53	176,01	-92,52
TOTAL	2948,26	3223,91	275,65

Tabla 16: Balance energético consumo/producción de la vivienda. Fuente: Elaboración propia

Al finalizar el año se obtiene un balance de energía de 275,65 kWh positivos, lo que significa que la producción anual de energía es mayor que el consumo.

ANEJO 10. TARIFA CON COMPENSACIÓN SIMPLIFICADA DE EXCEDENTES

En el presente proyecto se ha optado por la contratación de una tarifa de vertido de excedentes a la red llamada “Solar Simply” (compensación simplificada de excedentes) de la compañía Endesa. Esta tarifa se ha elegido con el fin de reducir el coste de la factura inyectando a la red los excedentes.

La tarifa funciona de la siguiente manera:

- La energía producida que no se haya consumido se inyectan a la red. Esta energía sobrante se la denomina excedentes.
- La compensación de estos excedentes se realiza en la factura de la luz a través de un descuento en función de la cantidad de energía volcada a la red.
- En el cálculo de la compensación de excedentes existe un límite de compensación por el cuál no se podrá compensar económicamente un valor superior a la energía que se ha consumido de la red.

La compensación económica será la siguiente:

- El precio de la compensación de excedentes es de 0,10€/kWh.
- Un único precio para toda la energía consumida de la red: 0,14€/kWh el primer año y 0,15€/kWh a partir del segundo año.

ANEJO 11. VIABILIDAD ECONÓMICA

Este anejo pretende estudiar la viabilidad económica del proyecto. Para dicho estudio se han tenido en cuenta los siguientes factores:

- El precio medio de la luz en el año 2022 es de 0,209 €/kWh
- El precio de la energía según la tarifa contratada será de 0,14€/kWh durante el primer año y 0,15€/kWh a partir del segundo año
- El consumo estimado de energía eléctrica es de 2.948,26 kWh/año
- El precio de compensación de excedentes es de 0,10€/kWh
- Anualmente se obtienen unos excedentes de 275,65 kWh
- El coste total de la instalación (teniendo en cuenta las subvenciones) son 10.072,87 €.

Teniendo en cuenta el precio medio de electricidad del año 2022, el precio anual de la factura de la luz sería $0,209 \times 2.948,26 = 616,18$ €/ año.

Usando la tarifa contratada, el precio anual de la factura de la luz es:

	Precio energía (€/kWh)	Consumo anual (kWh)	Coste consumo anual (€)	Excedentes anuales (kWh)	Compensación (€/kWh)	Descuento total de excedentes (€)	Ahorro total (Consumo + Compensación) (€)
Año 1	0,14	2948,26	412,75	275,65	0,10	27,56	440,31
Año 2	0,15	2948,26	442,24	275,65	0,10	27,56	469,80

Tabla 17: Balance económico. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se muestra el coste anual de la electricidad consumida, la cual se genera por paneles solares, y el descuento de los excedentes.

Durante el primer año el coste de la energía ascendería a 412,75 euros y a partir del segundo año 442,24 euros, lo que supone un ahorro de 203,43 euros el primer año y 173,94 euros a partir del segundo año usando de referencia el precio medio de la electricidad en 2022. Además, gracias a la energía solar, el coste anual calculado en la tabla 18 sería de autoconsumo.

El ahorro total que se obtiene con los paneles solares ascenderá a 643,74 euros anuales.

Respecto al ACS, según el IDAE, el consumo anual de agua caliente sanitaria asciende a 120 euros.

En total el ahorro de electricidad y ACS asciende a 763,74 euros anuales.

Para determinar si el proyecto es rentable o no se ha de estudiar el TIR y el VAN.

- VAN (Valor Actual Neto)

El Valor Actual Neto corresponde al valor presente de los flujos de caja netos (ingresos - egresos) originados por una inversión. Su fórmula es la siguiente:

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

F_t : Rentabilidad anual

k : Tipo de interés

t : Tiempo de inversión (años)

I_0 : Inversión inicial

En la siguiente tabla se va a calcular el VAN con un tipo de interés del 3% para un periodo de 20 años.

Año	Interés (%)	Rentabilidad (€)	Inversión inicial (€)	VAN
			-10.072,87	
1	3	763,74		-9.059,59
2	3	763,74		-8.318,09
3	3	763,74		-7.576,60
4	3	763,74		-6.835,10

5	3	763,74		-6.093,61
6	3	763,74		-5.352,11
7	3	763,74		-4.610,62
8	3	763,74		-3.869,12
9	3	763,74		-3.127,63
10	3	763,74		-2.386,13
11	3	763,74		-1.644,64
12	3	763,74		-903,14
13	3	763,74		-161,65
14	3	763,74		579,85
15	3	763,74		1.321,34
16	3	763,74		2.062,84
17	3	763,74		2.804,34
18	3	763,74		3.545,83
19	3	763,74		4.287,33
20	3	763,74		5.028,82

Tabla 18: Balance económico VAN. Fuente: Elaboración propia

En la tabla 18 se puede comprobar que el proyecto se amortiza tras 14 años.

Para saber si el proyecto es rentable se ha de estudiar el TIR (Tasa Interna de Retorno o Tasa de rentabilidad) que indica si el proyecto es rentable o no.

Su fórmula es la siguiente:

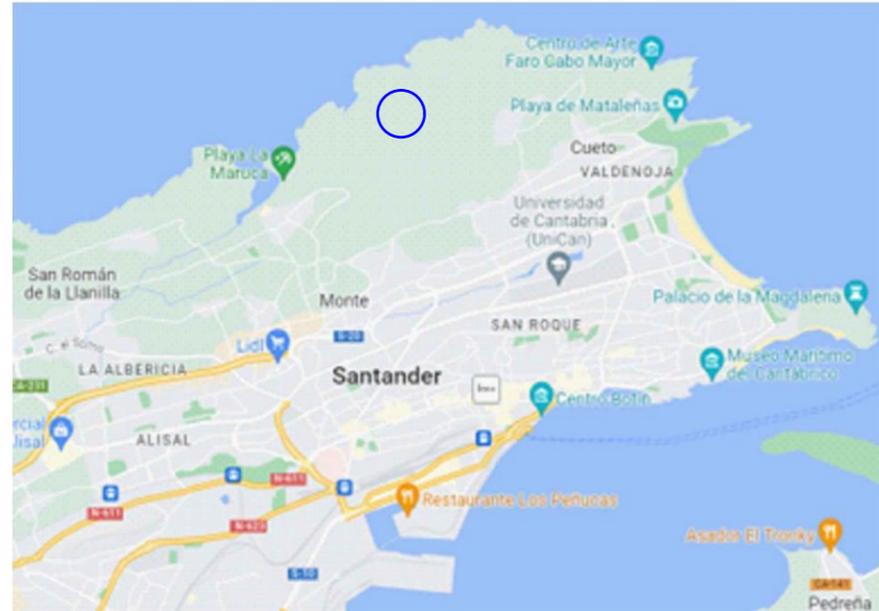
$$0 = -inversión + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t}$$

Su fórmula es la del VAN igualada a cero, donde la incógnita es el tipo de interés. Tras calcular el TIR habrá que comprobar si $TIR > k$ para que el proyecto salga rentable

Tras hacer los cálculos ha salido un **TIR = 4%** > 3%. Por lo que el proyecto resulta rentable.

DOCUMENTO N.º 2. PLANOS

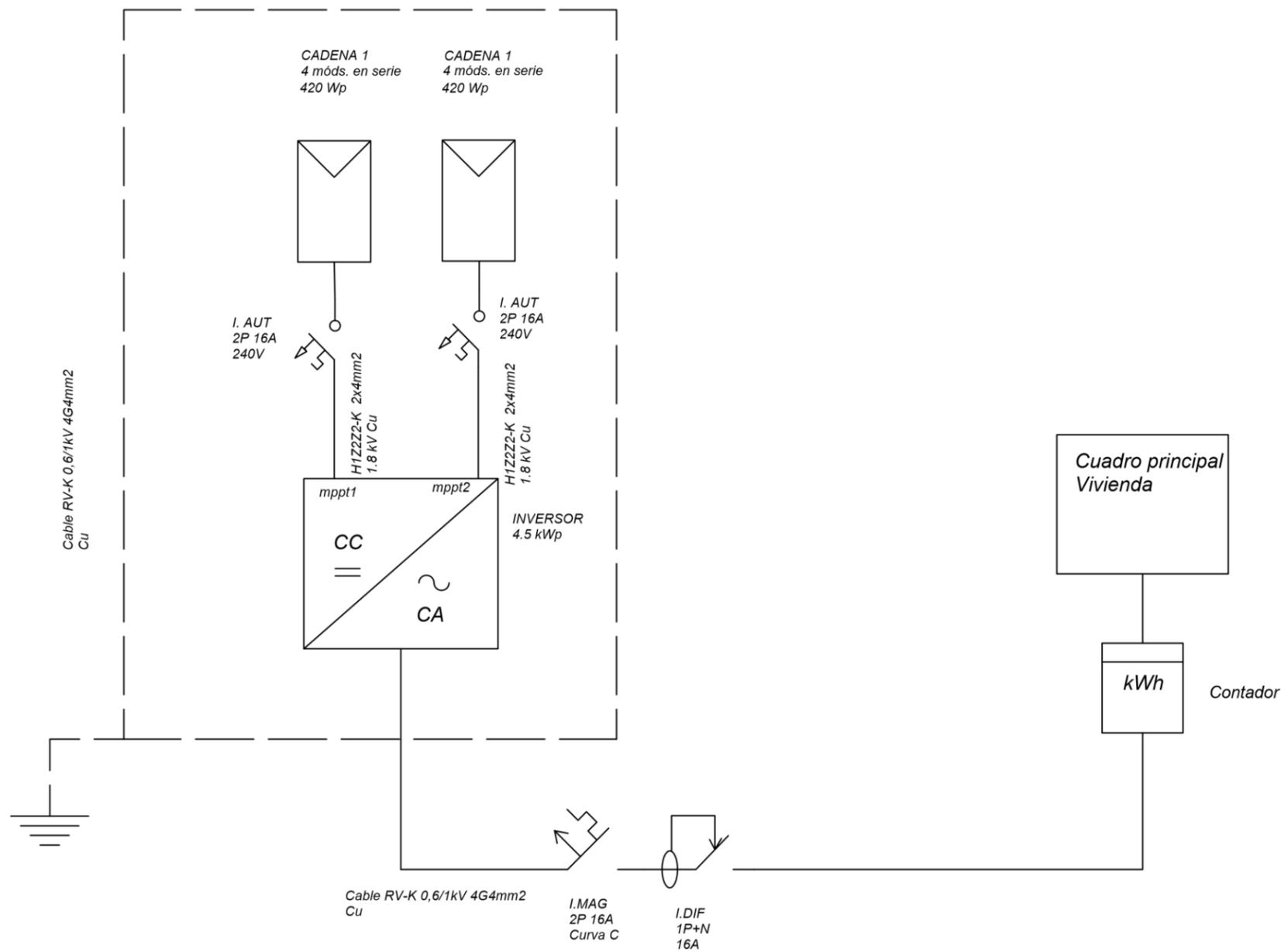
- 1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**
- 2. ESQUEMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN**
- 3. VISTAS DE LA VIVIENDA**
- 4. ESQUEMA UNIFILAR DE LA VIVIENDA**



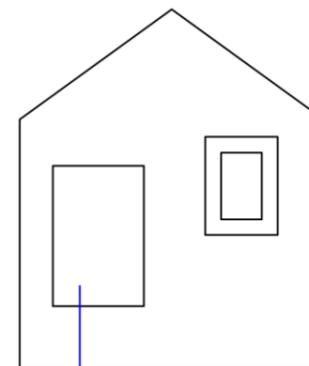
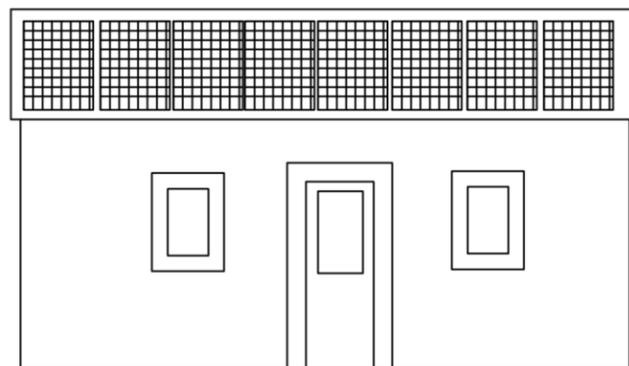
C/ Aviche, Santander



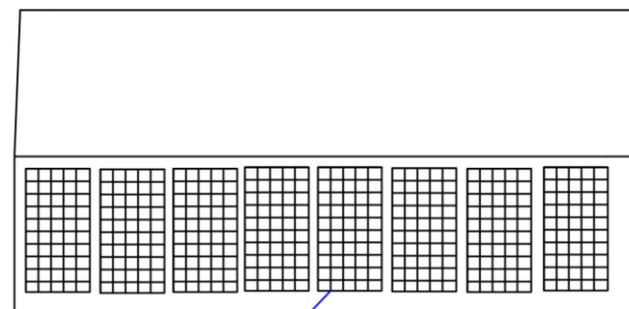
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
<i>ETS de Ingenieros Industriales y Telecomunicación</i>		
<i>Instalación solar en vivienda unifamiliar</i>		
<i>Autor:</i> <i>Juan Cigales López</i>	<i>Situación y emplazamiento</i>	<i>Junio 2023</i>
		<i>ESCALA: S/E</i>
		<i>PLANO 1</i>



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
<i>ETS de Ingenieros Industriales y Telecomunicación</i>		
<i>Instalación solar en vivienda unifamiliar</i>		
Autor: Juan Cigales López	Esquema unifilar	Junio 2023
		ESCALA: S/N
		PLANO 2



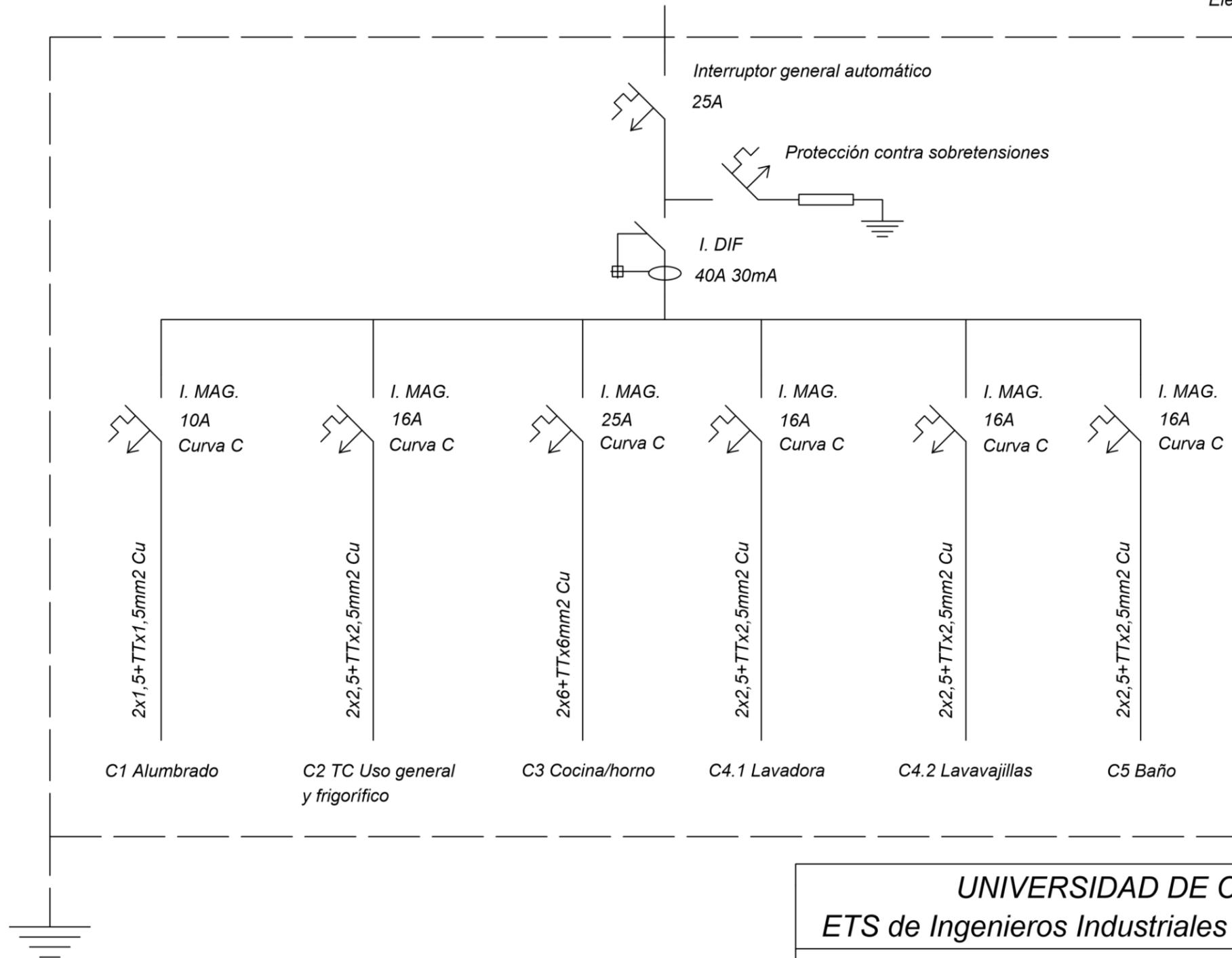
Inversor



Módulos fotovoltaicos

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		
ETS de Ingenieros Industriales y Telecomunicación		
Instalación solar en vivienda unifamiliar		
Autor: Juan Cigales López	Vistas de la vivienda	Junio 2023
		ESCALA: 1:100
		PLANO 3

Cuadro principal de la vivienda
Electrificación básica



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
ETS de Ingenieros Industriales y Telecomunicación

Instalación solar en vivienda unifamiliar

Autor:

Juan Cigales López

Esquema unifilar de la vivienda

Junio 2023

ESCALA: S/N

PLANO 4

DOCUMENTO Nº3. PLIEGO DE CONDICIONES

1. DEFINICIÓN Y ALCANCE DEL PLIEGO

El objeto de este proyecto es fijar las condiciones técnicas mínimas que debe cumplir la instalación fotovoltaica, definiendo las especificaciones mínimas que debe cumplir una instalación para asegurar su calidad.

El ámbito de este pliego abarca los sistemas mecánicos eléctricos y electrónicos que forman parte de la instalación.

2. GENERALIDADES

Los materiales empleados en este proyecto serán de calidad y tendrán las condiciones que exige el REBT.

Todos los materiales, obras y oficios incluidos en este Pliego de Condiciones deberán seguir una serie de normas y condiciones. En el documento Memoria se incluirán las características de estos.

Las siguientes normas se aplicarán a la instalación solar.

- Ley 54/1997, de 27 de noviembre, del Sector Eléctrico.
- Norma UNE-EN 62466: Sistemas fotovoltaicos conectados a red.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Técnico para Baja Tensión.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción

de energía eléctrica en régimen especial.

- 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

3. DEFINICIONES

- Irradiancia: magnitud utilizada para describir la potencia incidente por unidad de superficie. Se mide en kW/m^2 .
- Radiación solar: Energía procedente del sol en forma de ondas electromagnéticas.
- Irradiación: Energía incidente por unidad de superficie a lo largo de un periodo de tiempo. Se mide en kWh/m^2 .
- Célula fotovoltaica: Dispositivo eléctrico que transforma la energía solar en energía eléctrica.
- Panel fotovoltaico: Dispositivo formado por un conjunto de células fotovoltaicas interconectadas entre sí.
- Rama fotovoltaica: Subconjunto de módulos interconectados en serie o en asociaciones serie-paralelo, con voltaje igual a la tensión nominal del generador.
- Generador fotovoltaico: Asociación en paralelo de ramas fotovoltaicas.
- Inversor: Convertidor de tensión y corriente continua en tensión y corriente alterna.
- Horas Sol Pico (HSP): Unidad de medida de irradiación suponiendo una radiación constante de 1000 W/m^2 . Se mide en horas.
- Condiciones Estándar de Medida (CEM): Condiciones de irradiancia y temperatura en la célula solar. Irradiancia solar = 1000 W/m^2 , Temperatura de la célula = 25°C .
- Factor de potencia (FP): Relación entre la potencia activa y la aparente a la salida del inversor.

- Distorsión armónica total (THD[%]): es un parámetro técnico utilizado que indica la distorsión en tensión o corriente causada por los armónicos.

4. DISEÑO

4.1. ORIENTACIÓN, INCLINACIÓN Y SOMBRAS

La orientación es un aspecto importante, ya que con la orientación adecuada podremos captar la mayor radiación posible. La vivienda del presente TFG está orientada hacia el sur por lo que los paneles estarán orientados en la misma dirección.

Para saber la inclinación óptima de los paneles usamos la aplicación PVGIS, la cual marca como 36º el ángulo de inclinación óptima

PVGIS-5 valores estimados de la producción eléctrica solar:

Datos proporcionados:		Resultados de la simulación	
Latitud/Longitud:	43.477,-3.822	Ángulo de inclinación:	36 (opt) °
Horizonte:	Calculado	Ángulo de azimut:	0 °
Base de datos:	PVGIS-SARAH2	Producción anual FV:	1126.56 kWh
Tecnología FV:	Silicio cristalino	Irradiación anual:	1506.95 kWh/m
FV instalado:	1 kWp	Variación interanual:	36.95 kWh
Pérdidas sistema:	14 %	Cambios en la producción debido a:	
		Ángulo de incidencia:	-2.83 %
		Efectos espectrales:	1.36 %
		Temperatura y baja irradiancia:	-11.74 %
		Pérdidas totales:	-25.24 %

Ilustración 14: Inclinación óptima. Elaboración: PVGIS

Las pérdidas de radiación causadas por una orientación e inclinación del generador distintas a las óptimas, y por sombreado no serán mayores a los valores de la tabla I.

Tabla I

<i>Pérdidas de radiación del generador</i>	<i>Valor máximo permitido (%)</i>
Inclinación y orientación	20
Sombras	10
Combinación de ambas	20

Tabla 19: Valores máximos de pérdidas de radiación del generador. Fuente IDAE

El cálculo de las pérdidas de radiación causadas por una inclinación y orientación de los

paneles se hará en el anejo I del documento 3 “Anejos de la memoria”.

4.2. DIMENSIONADO DEL SISTEMA

Todos los cálculos justificativos que se especifican en este Pliego deberán realizarse en el apartado cálculos. Los pasos para este dimensionamiento son los siguientes:

- Se realizará un estudio del consumo de energía
- Se determinará cuál es la potencia mínima necesaria para abastecer ese consumo.
- El tamaño del generador será de, como máximo, un 20% superior a la potencia mínima necesaria.
- Los conductores tendrán que soportar la corriente dada en cada tramo. Esa corriente se determinará como la más desfavorable entre los métodos de *intensidad máxima admisible* (aplicado según normas RETB) y el método de *caída de tensión*.
- El inversor deberá soportar la tensión y corriente del conjunto de paneles.
- Se valorará el aprovechamiento energético de la radiación solar.

5. COMPONENTES Y MATERIALES

5.1. ESTRUCTURA

La estructura tendrá que soportar el peso de los módulos instalados, las sobrecargas de viento y nieve.

Los puntos de sujeción para el módulo serán los necesarios para que no se produzcan flexiones en los módulos superiores.

La estructura fijará la orientación y el ángulo de inclinación de los módulos.

La estructura se protegerá contra los agentes ambientales.

Los tornillos empleados para la estructura serán de acero inoxidable. En caso de que la estructura sea galvanizada, se permitirán tornillos galvanizados.

La estructura y los topes de sujeción de los módulos no crearán sobra sobre los módulos.

5.2. GENERADOR FOTOVOLTAICO

Todos los módulos deberán cumplir la norma UNE—EN 61730, sobre cualificación de la seguridad de los módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre los requisitos de marcado y de documentación para los módulos fotovoltaicos. Además, deberá cumplir la norma sobre cualificación del diseño y homologación según el tipo de módulo: norma UNE-EN 61215 para módulos fotovoltaicos cristalinos, la norma UNE-EN 61646 para módulos de lámina delgada, o la norma UNE-EN 62108 para módulos de concentración.

Todos los módulos fotovoltaicos deberán de tener el marcado CE, según la Directiva 2006/95/CE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros **sobre** el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión.

El módulo llevara el modelo y el nombre del fabricante de manera visible.

Los módulos llevarán diodos de derivación para evitar averías en las células y tendrán un grado de protección IP65.

La potencia máxima y corriente de cortocircuito reales de los módulos deberán estar entre los márgenes del $\pm 3\%$ de los valores nominales.

La estructura del generador se conectará a tierra.

5.3. INVERSOR

El inversor funcionará como fuente de tensión fija (frecuencia y valor eficaz de la tensión fijas). Será de onda senoidal pura, sólo los inversores de menos de 1 kVA ser podrán utilizar con onda no senoidal.

Las características básicas de los inversores serán:

- Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
- Auto conmutados.
- Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.

- No funcionarán en isla o modo aislado.

El inversor deberá de incluir o se le deberá de incorporar las protecciones necesarias frente a:

- Circuitos en alterna.
- Tensión de red fuera de rango.
- Frecuencia de red fuera de rango.
- Sobretensiones, mediante varistores o similares.
- Perturbaciones presentes en la red como micro cortes, pulsos, defectos de ciclos, etc.

Cada inversor incorporará al menos un control de encendido y apagado del inversor y un control de conexión y desconexión a la interfaz CA.

El rendimiento del inversor será como mínimo del 92%.

El autoconsumo en modo nocturno deberá ser inferior al 2% de su potencia nominal.

El factor de potencia deberá ser superior a 0,95.

El inversor deberá de tener un grado de protección IP65.

La normativa para los inversores será:

- UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos.
- UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.

5.4. CABLEADO

Los conductores positivos se conducirán separados y protegidos de los conductores negativos.

Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos.

El conductor deberá medir lo suficiente como para no generar esfuerzos en los elementos

ni posibilidad de enganche.

Todo cableado de continua será de doble aislamiento de acuerdo con la norma UNE 21123

5.5. CAPTADOR SOLAR

El captador solar debe estar diseñado de manera que su uso no produzca ningún riesgo para el usuario.

La carcasa del captador ha de ser estanca para prevenir filtraciones. El captador dispondrá de un orificio de ventilación para evitar la condensación. Este orificio se sitúa en la parte inferior del captador de manera que actúe como drenaje y facilite la ventilación.

Los materiales del captador han de ser incombustibles y tienen que resistir la máxima temperatura de estancamiento. Los materiales que no resistan la radiación UV han de estar protegidos.

Cuando se llegue a la máxima temperatura de trabajo no deben aparecer tensiones mecánicas.

Los captadores han de cumplir los ensayos de las normas UNE-EN 12975-1 y UNE-EN 12975-2.

El captador deberá llevar una placa donde muestre sus características eléctricas, así como el nombre de fabricante y número de serie.

5.6. ACUMULADOR

El acumulador debe de estar cubierto de una capa aislante y de la envolvente exterior. Esta última debe disponer de un agujero para el drenaje.

El conexionado del agua ha de ser claro dependiendo de si por la tubería circula agua caliente o fría mediante una señal.

La entrada de agua debe de tener una válvula de retención.

Las zonas que estén en contacto con el agua sanitaria deberán de tener materiales que no la contaminen.

El acumulador debe de resistir la presión de agua que se produce con el uso normal.

Será obligatorio el uso de dispositivos de protección contra la sobrepresión si supera en 1 bar la presión nominal.

Santander, 20....

Fdo: Juan Cigales López

DOCUMENTO Nº4. PRESUPUESTO

1. PRESUPUESTO Y MEDICIONES

1.1. INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Nº DE ORDEN	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
1	Módulo solar fotovoltaico SUNPOWER MAXEON 3-430. Características eléctricas: Tensión nominal (Vmpp): 70V, Intensidad nominal (Impp): 6,11A, Tensión en circuito abierto (Voc): 81,4V, Intensidad de cortocircuito (Isc)6,57A, eficiencia: 22,7%. Características mecánicas: Largo: 1812mm, Ancho: 1046mm, Grosor: 40mm, Peso: 21,2kg, Células solares: 112 Maxeon Gen III monocristalino, Cristal templado antireflectante de alta transmisión. Instalado en su estructura.	8,00	441,80	3.553,40
2	Inversor Solar monofásico Huawei SUN2000-3KTL-L1. Datos de entrada: Entrada de CC máxima recomendada: 4.500Wp, Máx. tensión de entrada: 600V, Tensión nominal de entrada: 360V. Máx. intensidad: 12,5A, Máx. intensidad cortocircuito:	1,00	773,20	773,20

	<p>18A. Datos de Salida: Potencia de salida nominal: 3000W, Tensión nominal de salida: 220Vac/230Vac/240Vac, Frecuencia nominal de red de CA: 50Hz/60Hz, Máx. intensidad de salida: 15A. Máx. distorsión armónica total: 3%. Instalado y anclado a sus bases.</p>			
3	<p>Estructura inclinada soporte placas solares regulable Sunfer. Soporte premontado, Regulable de 20º a 35º, Soporte de hasta 4 paneles, Estructura de aluminio, Tornillos de acero inoxidable. Largo: 1747mm. Totalmente montado y colocado en su lugar definitivo.</p>	2,00	210,00	420,00
4	<p>Cable fotovoltaico reticulado tipo H1Z2Z2-K 4mm. Conductor: Cobre electrolítico estañado, clase 5 (flexible), Aislamiento: Compuesto HFFR reticulado y estabilizado, Cubierta exterior: Compuesto HFFR reticulado y estabilizado. Características eléctricas: Máxima tensión admisible: DC 1,8kV, Tensión de servicio en puesta a tierra: DC 1kV, Resistencia de aislamiento:</p>	10,00	0,93	9,30

	>200Mohm*cm, totalmente instalado			
5	Cable RV-K 0,6/1kV 4G4mm2 BARRYFLEX. Conductor de cobre electrolítico, recocido, flexible de clase 5, Aislamiento de XLPE tipo DIX 3, Cableado helicoidal de los conductores aislados, Cubierta exterior extruido de PVC tipo DMV-18, Tensión de ensayo: 3,5 kV, totalmente instalado	10,00	5,29	52,90
	Oficial 1ª instalador	4,30	20,00	86,00
	Ayudante instalador	4,30	18,00	77,40
	TOTAL			4.953,20

1.2. INSTALACIÓN ACS

Nº DE ORDEN	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
1	Kit placa solar por DrainBack Wolf DB 1H/150, Captador solar plano F3-1Q: Dimensiones: Longitud: 1099mm, Anchura: 2099mm, Profundidad: 110mm, Ángulo de instalación: de 15º a 75º. Rendimiento: 70,7%, Capacidad térmica: 5,88 kJ/ (m2*K),, Peso (vacío): 41 kg Acumulador Drain Back Wolf DB 150: Capacidad total: 160 litros, Perdida de energía	1,00	3.199,88	3.199,88

	<p>en espera: 78 W, Potencia absorbida: 24 kW, Caudal necesario para el serpentín: 1,03 m³/h, Producción de agua sanitaria: 0,6 m³/h, Peso (vacío): 90 kg. Dimensiones: Alto: 1305 mm, Ancho: 560 mm. Soporte paneles: Soportación para 1 captador vertical sobre cubierta plana. Soportación anodizada, Para TopSon F3-1</p>			
2	<p>Kit de 10 m de tubo aislado DN 20 de acero inoxidable para placas solares Wolf. Incluye: 10 m de tubo flexible de acero inoxidable AISI 316 DN 20 P10 doble aislado con espuma elastomérica recubierta, resistente a la radiación UV, 4x conexiones fáciles con rosca 3/4" M para conexión directa a acumulador y a captador, 3 abrazaderas para montaje de tubo doble, Manguito flexible para sellado contra la entrada de humedad de los extremos de aislamiento montado mediante aire caliente</p>	1,00	351,64	351,64
	Oficial 1ª instalador de captadores solares	2,50	20,60	51,50
	Ayudante instalador de captadores solares	2,50	18,54	46,35
	TOTAL			3..649,37

1.3. PROTECCIONES

Nº DE ORDEN	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
1	Interruptor automático magnetotérmico iC60N 16A 2P SCHNEIDER, Ancho de polo: 18mm, Curva de disparo: curva C, 2 polos. Completamente montado y funcionando.	1,00	14,83	14,83
2	Interruptor diferencial Schneider Electric 1P+N, 16A, 30mA, Clase AC, 85mm x 36mm x 73mm. Completamente montado y funcionando.	1,00	62,30	62,30
3	Interruptor automático de interconexión RV30-6KA 2P 16A, Voltaje de funcionamiento 240 V, Frecuencia nominal: 50/60 Hz, Capacidad de corte en cortocircuito (Icc): 10 kA. Totalmente montado y funcionando	1,00	15,84	15,84
4	Pica de acero cobreado de 1,5 metros, Roscada en los extremos, Unión mediante un manguito roscado, Revestimiento de 300mm. Totalmente montado, probado con una resistencia de puesta a tierra inferior a 10 Ohmios y legalizada la instalación.	1,00	24,79	24,79
	Oficial 1ª instalador	0,50	20,00	10,00

	Ayudante instalador	0,50	18,00	9,00
	TOTAL			136,76

1.4. SEGURIDAD Y SALUD

Nº DE ORDEN	DENOMINACIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE PARCIAL
1	Casco técnico de protección contra golpes, Cuerpo material: ABS, Norma EN 397	4,00	10,80	43,20
2	Guantes dieléctricos de clase 00 a prueba con una tensión de ensayo de 2.500 V. Tensión de uso: 500 V, Conformes a la Norma Internacional CEI903 y a la Normativa Nacional EN60903 (AZC)	4,00	27,50	110,00
3	Gafas de seguridad transparentes fabricadas de policarbonato, patillas ajustables, protege contra impactos, antiarañazos	4,00	5,79	23,06
4	Botas de seguridad de cuero con puntera de acero negro, Antideslizante, resistente al aceite y al agua, Antiestático, Bajo	4,00	28,58	114,32
5	Arnés anticaídas de poliéster, anillas de acero, cuerda de longitud y mosquetón de acero, con hombreras y perneras	4,00	57,44	229,76

	regulables.			
6	Mono antiestático e ignifugo, Bolsillos para rodilleras, Puños ajustables, Cintura con laterales elásticos. Material: Bizflame Plus ignifuga ligera	4,00	101,13	404,52
	TOTAL			924,96

2. PRESUPUESTO GENERAL

2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN DE MATERIAL (PEM)

Descripción	Importe (€)
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA (21% IVA INCLUIDO)	4.953,20
INSTALACIÓN ACS (21% IVA INCLUIDO)	3.649,37 €
PROTECCIONES (21% IVA INCLUIDO)	136,76 €
SEGURIDAD Y SALUD (21% IVA INCLUIDO)	948,96 €
TOTAL	9.688,29 €

Tabla 20: Presupuesto de ejecución de material. Fuente: Elaboración propia

El presupuesto de ejecución de material asciende a la cantidad de NUEVE MIL SEINCIENTOS OCHENTA Y OCHO EUROS Y VEINTI NUEVE CÉNTIMOS DE EURO.

Santander, 20....

Fdo: Juan Cigales López

2.2. PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN

Descripción	Importe (€)
PRESUPUESTO EJECUCIÓN MATERIAL	9.688,29 €
GASTOS GENERALES, TASAS, ETC. (13%)	1.259,77 €
BENEFICIO (6%)	581,29 €
BASE IMPONIBLE	11.529,36 €
TOTAL	11.529,36 €

Tabla 21: Presupuesto base de licitación. Fuente: Elaboración propia

El presupuesto de base de licitación asciende a la cantidad de ONCE MIL QUINIENTOS VEINTI NUEVE EUROS Y TREINTA Y SEIS CÉNTIMOS DE EURO.

Santander, 20....

Fdo: Juan Cigales López

2.3. PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN

Descripción	Importe (€)
PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN	11.529,36 €
HONORARIOS DE PROYECTO (4% PEM) Y DIRECCIÓN DE OBRA (4% PEM)	922,35 €
IVA 21%	2.421,16 €
LICENCIA Y PERMISOS	600,00 €
TOTAL	14.872,87 €

Tabla 22: Presupuesto para conocimiento de la administración. Fuente: Elaboración propia

El presupuesto para conocimiento de la administración de la obra asciende a la cantidad de CATORCE MIL OCHOCIENTOS SETENTA Y DOS EUROS Y OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.

Santander, 20....

Fdo: Juan Cigales López

2.4. SUBVENCIONES Y PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN REVISADO

Aplicando las subvenciones del gobierno de Cantabria, con el “Programa de incentivos ligados al autoconsumo y almacenamiento, con fuentes de energía renovable, así como la implantación de sistemas térmicos renovables en el sector residencial en la comunidad autónoma de Cantabria”, según los programas de incentivos 4 y 6 se obtendrá la siguiente cifra:

- Programa de incentivos 4: 3.000,00 €
- Programa de incentivos 6: 1.800,00 €

La subvención ascendería a una cifra de 7.476,40 €.

Descripción	Importe (€)
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN	14.872,87 €
SUBVENCIONES	4.800,00€
PRESUPUESTO PARA CONOCIMIENTO DE LA ADMINISTRACIÓN REVISADO	10.072,87 €

Tabla 23: Presupuesto total de la instalación. Elaboración propia

El presupuesto total de la instalación asciende a un precio de DIEZ MIL SETENTA Y DOS EUROS Y OCHENTA Y SIETE CÉNTIMOS DE EURO.

Santander, 20....

Fdo: Juan Cigales López