



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

**Desarrollo de Infraestructuras Solares para el
Autoconsumo en una Parcela Agropecuaria**

Autor

Obida Chban Kabakebo

Dirigido por

Iñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título **Desarrollo de Infraestructuras Solares para el Autoconsumo en una Parcela Agropecuaria** en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Obida Kabakebo

Fecha: 16/Julio/2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Iñigo Sanz Fernández

Fecha: 16/Julio/2024



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
(ICAI)

**Desarrollo de Infraestructuras Solares para el
Autoconsumo en una Parcela Agropecuaria**

Autor
Obida Kabakebo

Dirigido por
Iñigo Sanz Fernandez

Madrid
Julio 2024

*Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado se enfoca en diseñar y desarrollar una instalación energética sostenible en la Parcela 12, ubicada en Colmenar Viejo, Madrid. El objetivo principal es convertir esta parcela, actualmente sin construcciones, en una instalación autosuficiente y sostenible que utilice energías renovables para satisfacer las necesidades de una explotación agropecuaria destinada a la cría de ovejas.

Objetivo y Contexto del Proyecto

El estudio analiza varias fuentes de energía renovable:

- **Energía Eólica:** Se describe tanto la energía eólica terrestre como la marina, destacando sus aplicaciones y beneficios.
- **Energía Solar Fotovoltaica:** Se considera la instalación de paneles solares como la opción más viable debido a la alta irradiación solar de la zona.
- **Biomasa y Energía Geotérmica:** Se evalúan como alternativas, especialmente la geotermia por su potencial de ser integrada antes de la construcción de la vivienda, optimizando costos.

Análisis de Consumo

Se realiza un detallado análisis del consumo energético de la vivienda y la nave. Se identifican los electrodomésticos y dispositivos esenciales, y se calcula el consumo diario de cada uno.

Diseño de la Instalación Fotovoltaica

El proceso de diseño de la instalación incluye:

1. **Recolección de Datos:** Uso de herramientas como Global Solar Atlas y PVsyst para obtener datos precisos de irradiación solar.
2. **Dimensionamiento:** Se calcula la potencia necesaria y se diseña una configuración preliminar de paneles solares inclinados a 5° y orientados al sur.

- 3. Simulación del Sistema:** Se realizan simulaciones detalladas utilizando PVsyst y HelioScope para optimizar el diseño y asegurar la eficiencia energética. Las simulaciones muestran una producción anual de 26 MWh y un rendimiento específico de 881 kWh/kWp/año, indicando una alta eficiencia del sistema.

Resultados y Conclusiones

El diseño final propone la instalación de 72 paneles fotovoltaicos, ocupando un área de 148 m², con una potencia instalada de 30 kWp. La simulación y el análisis de datos confirman que la instalación puede generar suficiente energía para cubrir las necesidades de la parcela, incluso en períodos de baja irradiación solar. El estudio demuestra que la combinación de energías renovables puede transformar la Parcela 12 en una instalación energética sostenible y autosuficiente, contribuyendo a la sostenibilidad ambiental y económica de la región.

*Abstract

This Final Degree Project is focused on planning and implementing a sustainable energy installation at Plot 12 in Colmenar Viejo, Madrid. The main goal of the project is the transformation of this piece of land, which is vacant at the moment, into an autonomous and eco-friendly power system that would respond to the requirements of a sheep farm.

Project Objective and Context

The study analyzes various sources of renewable energy:

- **Wind Energy:** The advantages and uses of wind energy, whether onshore or offshore, are also presented.
- **Solar Photovoltaic Energy:** Using solar panels is considered the most feasible strategy given the high levels of solar intensity in the region.
- **Biomass and Geothermal Energy:** These are seen as options, mostly geothermal energy, as it can be incorporated prior to construction of the residence and thus manipulates costs effectively.

Energy Consumption Analysis

A breakdown of the power requirements of the house and barn is conducted. Points of use appliances and devices are enumerated, and their daily usage is determined. This estimation is necessary to size the photovoltaic installation correctly so it can cover all energy demands of the plot.

Planning of the Photovoltaic Installation

The installation design process includes:

1. **Data Collection:** Employing methods such as utilizing the Global Solar Atlas and PVsyst to obtain accurate solar radiation.
2. **Sizing:** Determination of appropriate power and preliminary installation of solar panels oriented at 35° south.
3. **System Simulation:** Modeling designs in detail with PVsyst and HelioScope for a more efficient energy yield. The savings are estimated at 26 MWh per year and refer to a specific yield of 881 kWh/kWp/year, which demonstrates the efficiency of the system.

Results and Conclusions

Specifically, the final design proposes the use of 72 photovoltaic panels with a total area of 148 m² and an installed capacity of 30 kWp. The simulation and data analysis have also supported the fact that the installation is capable of producing power for the plot at any given time, including periods of low solar intensity. The integration of renewable energies can turn Plot 12 into a renewable and autonomous energy system that positively affects the environment and economy of the area.

Agradecimientos

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi familia por todo el apoyo brindado, especialmente estando lejos de casa.

También quiero agradecer a mis amigos de la carrera, en especial a David y Gonzalo, por estar presentes en los malos y buenos momentos durante estos años. Gracias por todas las risas y momentos divertidos que hemos compartido.

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a la universidad como entidad académica por darme esta valiosa oportunidad de estudiar en ICAI y por facilitar mi adaptación a un ambiente totalmente nuevo para mí. Muchísimas gracias a todos los profesores de ICAI por su gran labor, por brindarme todo el apoyo necesario y por hacerme querer tanto mi carrera.

Por último, quiero dedicar este trabajo a todas las personas que me han ayudado de una forma u otra a llegar hasta aquí. Gracias por permitir que realice este trabajo con mucho orgullo, felicidad y una enorme ilusión de cerrar esta bonita etapa de mi vida. Gracias.

Índice

1 Tipos de Energía	16
1.1 Energía Eólica	17
1.1.1 Definición y Características:	17
1.1.2 Energía Eólica en el Sector Industrial:	18
1.1.3 Tipos de energía eólica	19
1.1.4 Inversiones y Beneficios del Proyecto	22
1.2 Energía Eólica en el Sector Doméstico:	26
1.2.1 Aerogeneradores domésticos	27
1.2.2 Integración con la red eléctrica:	27
1.2.3 Sostenibilidad y reducción de emisiones:	27
1.2.4 Factores de ubicación y viabilidad:	28
1.2.5 Viabilidad en Diferentes Tipos de Viviendas	28
1.2.6 Aerogeneradores de Eje Horizontal y Eje Vertical	29
1.3 Energía Solar Fotovoltaica	31
1.3.1 Métodos más eficaces	31
1.3.2 Métodos con menor rendimiento:	32
1.4 Energía Hidráulica	33
1.5 Biomasa	34
1.5.1 Beneficios y Soluciones de Uso	36
1.6 Energía Geotérmica	37
2 Parcela 12	44
2.1 Contexto	44
2.2 Descripción de la instalación	45
2.2.1 Planos de la Instalación:	48

3	Análisis de Consumo	54
3.1	Consumo de la Vivienda	54
3.1.1	Consumo de Cargas Diario.	55
3.1.2	Calculadoras de Potencias:	57
3.2	Consumo de la Nave:	58
3.2.1	Normativa:	59
3.2.2	Consumo Eléctrico:	60
4	Proceso de diseño de la instalación	66
5	Análisis del recurso solar	67
5.1	Tipo de Instalación	67
5.1.1	Sistemas aislados:	68
5.1.2	Sistemas Conectados a la Red:	69
5.2	Pre-Simulación:	71
5.2.1	CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO DE CONEXIÓN	72
5.2.2	Global Solar Atlas	73
5.2.3	PVsyst:	75
5.3	Calcúlo de pleminar de la instalación: . .	81
5.3.1	Inversor:	83
5.4	Simulación del Sistema	87
5.4.1	Parámetros de Entrada:	88
5.4.2	Resultados de la Simulación PVSyst: . .	89
5.4.3	Resultados de la Simulación HelioScope:	90
5.5	Conclusiones de las simulaciones	97
5.6	Dimesnionamiento del sistema	97
5.6.1	Soportes	97

5.6.2 Cableado:	100
5.6.3 Protecciones	106
6 Resumen del Proceso de Diseño del Proyecto Fotovoltaico	109
6.1 Resumen del Esquema Unifilar	113
6.1.1 Dispositivos de Desconexión (DDI)	113
6.1.2 Relé de Interfaz (CEI 0-16)	113
6.1.3 Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS)	113
6.1.4 Dispositivo de Protección General (DG)	113
6.1.5 Tablero Fotovoltaico (Q.AC)	113
6.1.6 Transformador de Media Tensión/Baja Tensión (MT/BT)	114
6.1.7 Sala de Medición	114
6.1.8 Conexión con la Red Eléctrica	114
6.1.9 Interruptores Automáticos (INT A)	114
6.1.10 Inversores (INVERTER)	114
7 Evaluación Económica	115
7.1 Instalación fotovoltaica	115
7.2 Plazos de amortización y viabilidad económica	116
7.3 Resumen	121
8 Desarrollos Futuros	123
9 Relación entre los ODS y la Energía Solar	124
9.1 ODS 7: Energía asequible y no contaminante	124
9.2 ODS 13: Acción por el clima	125

9.3 ODS 3: Salud y bienestar	126
9.4 ODS 9: Industria, innovación e infraestructura	127
9.5 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles .	128
9.6 ODS 12: Producción y consumo responsables .	129
9.7 ODS 1: Fin de la pobreza	130
9.8 ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico	130
Appendix	132
A Pvsyst	132
B HeliScope	140
B.1 Informe 1	140
B.2 Informe 2	144
B.3 Huawei Inverter	148
C NORMATIVA DE LA INSTALACIÓN	151
Bibliografía	154

Índice de figuras

1	Parque eólico terrestre de Jaisalmer. Fuente: Reve	20
2	Parque Eólico Horns Rev 2. Fuente: Conbotas- sucias	22
3	Eólica terrestre y marina. Fuente: AEE	26
4	Solar Energy. [Elaboración Propia]	31
5	Variación de la temperatura de la Tierra según la profundidad. Fuente: [25]	40

6	Principales usos de la geotermia en función de la temperatura. Fuente:[24]	42
7	Ubicación Topográfica. Fuente: [9]	46
8	Parcela 12. Fuente:Sáez Colmenarejo	47
9	Geo Portal de Registradores [8]	47
10	Parcela 12. Fuente:Google	48
11	Alzado Oeste. Fuente:Sáez Colmenarejo	49
12	Alzado Sur. Fuente:Sáez Colmenarejo	49
13	Alzado Este. Fuente:Sáez Colmenarejo	49
14	Alzado Norte. Fuente:Sáez Colmenarejo	50
15	Plano de la Casa. Fuente:Sáez Colmenarejo	51
16	Plano de la Nave. Fuente:Sáez Colmenarejo	52
17	Plano General. Fuente:Sáez Colmenarejo	53
18	Calculadora de Potencia. Fuente:[31]	58
19	Media anual de Temperaturas de Colmenar Viejo. Fuente:AEMET	61
20	Ejemplo de una Bombilla LED. Fuente: [Amazon]	65
21	Elementos de una instalación solar aislada. Fuente: [22]	69
22	Elementos de una instalación conectada a red. Fuente: [41]	70
23	Hitos en las instalaciones de autoconsumo. Fuente:[5]	71
24	Irradiación normal directa [Wh/m ²]. Fuente: Global Solar Atlas [2], 2024	74
25	Recorrido solar. Fuente: Global Solar Atlas, 2024	75
26	Resultado Prelimina de Potencia Instalada. Elaboración Propia por PvSyst	77

27	Diseño preliminar Area activa. Elaboración Propia por PvSyst	78
28	Huawei Sun2000-50KTL. Fuente: Huawei Technologies	86
29	Análisis de dimensionamiento y distribución de potencia. Fuente:PVsyst	87
30	Diseño básico en 3D de la instalación. Fuente: Elaboración Propia por PvSyst	88
31	Resultado de la Simulación. Fuente: 9.8	90
32	Ubicación de la Parcela en HelioScope	91
33	Diseño de la instalación. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope	93
34	Esquema unifilar. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope	93
35	Simulación HelioScope. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope	94
36	Esquema Unifilar 2. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope	95
37	Southeastern Angle	96
38	Southwestern Angle	96
39	Shading Heatmap Part 1	96
40	Southeastern Angle	96
41	Southwestern Angle	96
42	Shading Heatmap Part 2. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope	96
43	Esquema Unifilar del diseño 2. Fuente: HelioScope	101

44	Flujo de Caja Acumulado a lo largo del Tiempo.[Elaboración propia]	120
45	Proyección Temporal de Costes y Beneficios del Proyecto.[Elaboración propia]	122
46	Energía asequible y no contaminante. Fuente: Naciones Unidas	125
47	Acción por el clima. Fuente: Naciones Unidas .	126
48	Salud y bienestar. Fuente: Naciones Unidas . .	127
49	Industria, innovación e infraestructura. Fuente: Naciones Unidas	128
50	Ciudades y comunidades sostenibles. Fuente: Naciones Unidas	129
51	Producción y consumo responsables. Fuente: Naciones Unidas	129
52	Fin de La Pobreza. Fuente: Naciones Unidas .	130
53	Trabajo decente y crecimiento económico. Fuente: Naciones Unidas	131

Índice de tablas

1	Costos Estimados 1. [Elaboración Propia] . . .	24
2	Horizontal vs Vertical. Fuente: [16] & [28] . . .	30
3	Comparación entre Energía Eólica y Energía Hidráulica. [Elaboración Propia]	34
4	Consumo de Aparatos electrodoméstico, Elaboración propia, 2024	55
5	Resumen de potencia necesitada por circuito. Fuente [43]	56

6	Comparativa de marcas de placas solares[Elaboración Propia].	80
7	Especificaciones de Entrada, Salida, Peso y Dimensiones del Inversor Huawei SUN2000-50KTL-M3. Elaboración Propia	85
8	Comparación entre los dos diseños. Elaboración Propia.	97
9	Características del Soporte Modelo 13V de Sunfer Energy. Elaboración Propia	98
10	Costes de la instalación de generación fotovoltaica, Elaboración Propia	117
11	Desglose de costes para la instalación de generación fotovoltaica. Elaboración Propia	118

Índice de Ecuaciones

1	potencia mínima contratada. Fuente:[13]	56
2	Potencia Necesaria	56
3	Potencia necesaria 2. Fuente: [43]	57
4	Potencia requerida por metro cuadrado. Fuente:[14]	62
5	Potencia requerida	64
6	Lúmenes Necesarios por metro cuadrado. Fuente: [12]	64
7	Nº Bombillas Necesarios	65
8	Consumo de las bombillas	65
9	Consumo de la Nave	66

10	Cálculo de Potencia Nominal Necesaria.	76
11	Nº de Paneles mínimo	81
12	Nº de Paneles máximo	81
13	Caída de Tensión	101
14	Resistividad del cobre a una temperatura T . . .	102
15	Sección mínima necesaria del cable	104
16	Costes Indirectos Adicionales	118
17	CAPEX Total	118
18	OPEX anual	119
19	Ahorro Anual	119
20	Plazo de Amortización	119
22	Flujo de Caja	121
23	VAN	121

*Acrónimos

ICAI Instituto Católico de Artes e Industrias

PFC Proyecto Fin de Carrera

TFG Trabajo Fin de Grado

AEMET Agencia Estatal de Meteorología

GNL Gas Natural Licuado

GNC Gas Natural Comprimido

ODS Objetivos de Desarrollo Sostenible

AAU Autorización Administrativa Única

REBT Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión

CTE Código Técnico de la Edificación

CC Corriente Continua

CA Corriente Alterna

MT/B Media Tensión/Baja Tensión

INT A Interruptores Automáticos

PR Performance Ratio

PVsyst Photovoltaic System Software

CAPEX Capital Expenditure

OPEX Operational Expenditure

VAN Valor Actual Neto

TIR Tasa Interna de Retorno

LCOE Levelized Cost of Energy

1. Tipos de Energia

En este trabajo se aborda el tema de la transformación de una instalación convencional en un modelo sostenible. El objetivo principal es optimizar el uso de las fuentes de energía renovable disponibles en su entorno, con el propósito de avanzar hacia una mayor ecoeficiencia. Para llevar a cabo la transformación de la instalación convencional a un modelo mejor y más sostenible, es importante considerar el potencial de las energías renovables. En esta sección, no se pretende realizar un análisis exhaustivo de las fuentes de energía renovable en sí, sino más bien comprender su aplicabilidad en el contexto de una ubicación específica, ya sea una residencia, una explotación agrícola, una instalación industrial, o una finca abandonada. El enfoque central radica en la identificación y evaluación de los recursos energéticos disponibles en dicha ubicación, con el objetivo de maximizar su utilización eficiente y rentable.

Por lo tanto, en este estudio, además de optimizar el uso de las fuentes de energía renovable en el entorno industrial, se quiere hacer un análisis de la implementación de estas fuentes en el sector doméstico con el fin de tener un orden de magnitud de referencia. Se explorarán ejemplos de proyectos grandes y ejemplos modernos de cada una de estas categorías, con la intención de descubrir oportunidades significativas para la ecoeficiencia a nivel residencial.

Al considerar la posibilidad de incorporar energías renova-

bles en el sector doméstico, se prestará especial atención a los costos iniciales, los requisitos de mantenimiento, la integración con la infraestructura existente y el potencial de ahorro de energía a largo plazo. Además, se evaluará la viabilidad de sistemas híbridos que combinen varias fuentes de energía renovable para optimizar la generación de energía sostenible en entornos domésticos.

El estudio se centra en las siguientes fuentes de energía renovable:

1.1. Energía Eólica

1.1.1. Definición y Características:

La energía eólica es una forma de generación de energía que aprovecha la fuerza del viento para poner en movimiento las aspas de un aerogenerador. A través de un generador, la energía cinética del viento se convierte en energía eléctrica. La energía eólica se obtiene mediante la acción de un aerogenerador, que transforma la energía cinética del viento en energía eléctrica. Este proceso se realiza principalmente a través de un rotor, encargado de convertir la energía cinética en energía mecánica, y un generador, que a su vez la convierte en electricidad. Se trata de una fuente de energía renovable, eficiente, consolidada y fundamental para la transición energética y la reducción de emisiones de carbono.

La energía eólica es la mayor fuente de generación de energía renovable en España, según los datos del Estudio Macroeconómico del Impacto del Sector Eólico de 2021, elaborado por

la Asociación Empresarial Eólica. En ese año, la generación eólica fue de 60.485 GWh, que equivale a un 24 % de la demanda del mix energético ⁽¹⁾ .

1.1.2. Energía Eólica en el Sector Industrial:

¿cómo funciona la energía eólica?

Para implementar la energía eólica a gran escala y maximizar su eficiencia, se requiere la instalación de múltiples aerogeneradores, típicamente de 80 a 120 metros de altura, en ubicaciones estratégicas con vientos predominantes. Estos aerogeneradores, componentes esenciales de los parques eólicos, se diseñan para convertir la energía cinética del viento en energía eléctrica utilizable a gran escala.

Cada aerogenerador funciona en base a un sistema previamente diseñado. El proceso comienza con la orientación de los aerogeneradores en la misma dirección del viento. Este posicionamiento garantiza la captura máxima de la energía del viento por el rotor, que está compuesto por tres palas y un buje que las une. El propósito principal del rotor es transformar la energía cinética del viento en energía mecánica de rotación.

Posteriormente, la energía mecánica de rotación generada por el rotor se transmite a través de un eje a la caja multiplicadora, que aumenta la velocidad de rotación, pasando de aproximadamente 30 revoluciones por minuto (rpm) a

1500 rpm (50 veces más). Este aumento de velocidad es para optimizar la eficiencia de la generación de energía.

Finalmente, la energía mecánica rotatoria se canaliza al generador, donde se convierte en energía eléctrica utilizable. El generador es el componente encargado de transformar la energía mecánica en electricidad, listo para su distribución y uso en hogares, fábricas, escuelas y otras entidades a través de la infraestructura de distribución eléctrica pertinente.

En un parque eólico a gran escala, cada aerogenerador se conecta mediante una red de cables subterráneos que llevan la electricidad generada a una subestación transformadora. Desde la subestación transformadora, la electricidad se distribuye eficientemente a través de redes de transmisión y distribución hacia los puntos de consumo, lo que contribuye al suministro de energía eléctrica a gran escala en diversas comunidades y regiones.(2)

1.1.3. Tipos de energía eólica

■ **Energía eólica terrestre:**

es una fuente de energía renovable que se obtiene al aprovechar la energía cinética del viento en la superficie de la Tierra. Este enfoque implica la instalación de aerogeneradores en tierra firme para capturar la fuerza del viento y convertirla en electricidad utilizable.

Un ejemplo destacado de la aplicación de la energía eólica terrestre es Parque eólico de Jaisalmer 1 se encuentra ubicado en el estado de Rajasthan, India. Este parque

eólico es conocido por su extensa capacidad de generación de energía eólica y su contribución a la producción de energía renovable en la región con una capacidad instalada total de 50.4 MW [26]. Además, se sabe que Jaisalmer, en el estado de Rajasthan, es una ubicación ideal para la energía eólica en India debido a su alto potencial eólico y su geografía favorable. El estado de Rajasthan ha estado trabajando en estrecha colaboración con diferentes empresas e instituciones para aprovechar el potencial eólico de la región y convertirse en un centro destacado de generación de energía eólica en el país.



Figura 1: Parque eólico terrestre de Jaisalmer. Fuente: Reve

- **Energía eólica marina:**

es una forma de energía renovable que se deriva de la captura de la fuerza del viento en alta mar, donde su velocidad es notablemente superior y más constante de-

bido a la carencia de obstáculos terrestres y edificación. Este enfoque aprovecha las condiciones favorables del entorno marino para generar electricidad de manera eficiente y sostenible. Para hacer pleno uso de este recurso natural, se desarrollan estructuras a gran escala diseñadas para resistir las condiciones ambientales desafiantes del entorno marino. Estas megaestructuras se instalan en el lecho marino (Fondo del mar) y se equipan con tecnología avanzada, incluyendo turbinas eólicas especialmente diseñadas y sistemas de transmisión de energía sofisticados, con el objetivo de aprovechar al máximo el potencial energético del viento marino.

Un ejemplo destacado de la aplicación de la energía eólica marina es el **Parque Eólico Horns Rev 2**, ubicado en Dinamarca. Este parque eólico marino se destaca como uno de los más grandes del mundo, Los aerogeneradores de la planta, los ha suministrado **Siemens**, y corresponden al modelo SWP 2.3-93 de **2,3 megavatios** cada uno, y en total son 91, con una capacidad de generación de **209 megavatios** y una producción anual de 600.000.000 Kilovatio-hora, equivalente al consumo anual de 200.000 hogares daneses, señaló la empresa pública danesa **DONG Energy**, promotora del proyecto, y una de las empresas más innovadoras del mundo, con un gran programa de vehículos eléctricos abastecidos con energía eólica. aerogeneradores que aprovechan la energía del viento en el Mar del Norte.[6] El operador

responsable de la gestión y operación de este parque eólico es Ørsted, anteriormente conocido como Dong Energy. Ørsted ha desempeñado un papel destacado en la expansión de la energía eólica marina en Dinamarca, contribuyendo así al desarrollo de esta fuente de energía sostenible en la región (ver figura 2).



Figura 2: Parque Eólico Horns Rev 2. Fuente: Conbotassucias

1.1.4. Inversiones y Beneficios del Proyecto

Al evaluar los costos asociados con la instalación y operación de un parque eólico, es importante considerar una serie de factores para garantizar un análisis preciso. Algunos de los aspectos más importantes a tener en cuenta son:

1. **Costos de Infraestructura Inicial:** Esto incluye el costo de adquisición de terrenos, la preparación del te-

rreno, la instalación de los cimientos de los aerogeneradores y la construcción de la red eléctrica necesaria para la transmisión de la energía generada.

2. **Costos de Equipamiento:** Se deben considerar los costos de adquisición e instalación de los propios aerogeneradores, así como los gastos asociados con los equipos auxiliares, como transformadores, cables, y sistemas de control y monitorización.
3. **Costos de Mantenimiento:** Incluir el presupuesto necesario para el mantenimiento regular de los aerogeneradores, que abarca actividades como inspecciones técnicas, reparaciones, sustitución de componentes y servicios de limpieza.
4. **Costos de Operación:** Estos gastos cubren los recursos humanos necesarios para operar y supervisar el parque eólico también los costos de supervisión remota y servicios de seguridad .
5. **Costos de Conexión a la Red Eléctrica:** Considerar los costos relacionados con la conexión del parque eólico a la red eléctrica local, eso implica tarifas de conexión, inversiones en infraestructura adicional y posibles mejoras en la red existente.
6. **Otros Gastos:** Los gastos de seguros que cubran posibles daños, responsabilidad civil y otros riesgos asociados con la operación de un parque eólico. Prever los

costos de desmantelar y eliminar los aerogeneradores al final de su vida útil, así como los costos asociados con la restauración del terreno a su estado original.

En la tabla siguiente (ver Tabla 1), se presentan las posibles inversiones requeridas para la construcción de un parque eólico a gran escala.

Tipo de Gasto	Importe Aproximado
Costos de Infraestructura Inicial	1-2 Millones (€/MW generado)
Costos de Equipamiento	1.4-2 Millones (€/MW generado)
Costos de Mantenimiento	30000-50000 (€/Aerogenerador) Cada año
Costos de Operación	15000-30000(€/Aerogenerador) Cada año
Costos de Conexión a la Red Eléctrica	15000-50000 (€/MW generado)
Otros Gastos	60000-60000 (€/MW generado)

Tabla 1: Costos Estimados 1. [Elaboración Propia]

Nota: es importante señalar que los precios presentados aquí son estimaciones basadas en una simulación de tamaño reducido y una revisión general de los proyectos eólicos a nivel mundial. Estos números no reflejan valores reales y deben considerarse como aproximaciones. Se advierte que los costos reales pueden variar significativamente según el país, los impuestos y los costes logísticos específicos de cada proyecto. [15] & [23]

La Asociación Empresarial Eólica (**AEE**), ha presentado datos notables en relación con la contribución de la energía eólica al panorama energético en 2022. Según sus hallazgos, esta forma de energía renovable ha jugado un papel crucial

al reducir significativamente el coste de la energía en el mercado eléctrico, logrando un ahorro impresionante de **8.252 millones de euros** a lo largo del año. Es importante destacar que este efecto económico se hizo más evidente durante los últimos meses de 2022, donde las condiciones favorables de viento permitieron un uso óptimo de la energía eólica, continuando incluso en los primeros días del mes de enero de 2023. Además de su impacto financiero, la energía eólica ha dejado una marca histórica al propiciar una caída drástica en el precio de la electricidad. En un acontecimiento sin precedentes, el precio de la luz alcanzó un mínimo extraordinario de **5,1 euros por megavatio hora (MWh)**, lo que resalta la importancia cada vez mayor de la energía eólica en el mercado energético. Esta tendencia no solo resalta los beneficios económicos directos para los consumidores, sino también la capacidad de las energías renovables para moldear un futuro más sostenible y asequible.[33]. En la figura 3, es evidente la notable evolución de la industria, marcada por un crecimiento constante en las instalaciones de energía eólica(tanto terrestre com marina) en Europa.

Energía eólica Limpia, eficiente y segura

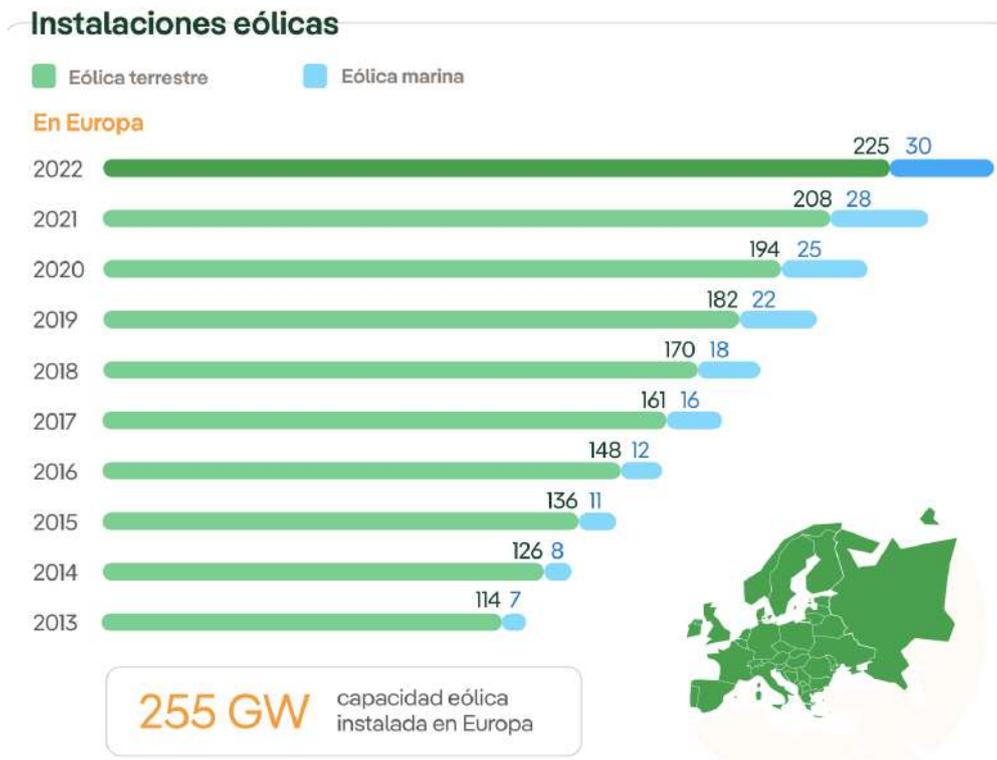


Figura 3: Eólica terrestre y marina. Fuente: AEE

1.2. Energía Eólica en el Sector Doméstico: ¿Cómo es la energía eólica doméstica?

La energía eólica doméstica implica la generación de electricidad en hogares a través de pequeños aerogeneradores que capturan la fuerza del viento y la transforman en energía utilizable. Estos aerogeneradores, que parecen a ventiladores grandes, se convierten en una opción ingeniosa y sostenible para generar electricidad directamente en la casa, reduciendo la dependencia de fuentes convencionales de

energía.

1.2.1. Aerogeneradores domésticos

Los modelos de uso residencial son mucho más pequeños que los "profesionales", más sencillos de instalar y también con menos potencia, pero aún así necesitan para poder aportar energía a la red eléctrica de un sistema de sincronización para que la frecuencia de la corriente generada se mantenga sincronizada con la frecuencia de la red.

1.2.2. Integración con la red eléctrica:

Dependiendo de la capacidad del sistema eólico doméstico, la electricidad generada puede ser utilizada directamente en el hogar o integrada con la red eléctrica local. En algunos casos, se puede aprovechar del exceso de electricidad generada vendiéndola a la red eléctrica, lo que puede generar ingresos adicionales para los propietarios.

1.2.3. Sostenibilidad y reducción de emisiones:

La energía eólica doméstica es una forma sostenible de generación de electricidad que no produce emisiones nocivas (gases tóxicos) ni agota los recursos naturales. Al reducir la dependencia de fuentes de energía convencionales, como los combustibles fósiles, puede contribuir significativamente a la reducción de las emisiones de carbono y al combate del cambio climático. [29]

1.2.4. Factores de ubicación y viabilidad:

La viabilidad de la energía eólica doméstica depende en gran medida de la ubicación geográfica y las condiciones del viento en el área específica. Las áreas con vientos consistentes y fuertes son más oportunas para la instalación.

Al comprender la definición y las características de la energía eólica doméstica, analizaremos la viabilidad de este enfoque de generación de energía renovable en distintos hogares con diferentes aerogeneradores.

1.2.5. Viabilidad en Diferentes Tipos de Viviendas

Pisos: Los sistemas eólicos domésticos tienden a no ser viables en pisos debido a las restricciones de espacio y las regulaciones de construcción que pueden impedir la instalación de aerogeneradores.

Chalets: Los chalets suelen tener suficiente espacio exterior para instalar un pequeño aerogenerador, lo que los hace potencialmente adecuados para la energía eólica doméstica, siempre y cuando la velocidad del viento sea suficiente en la zona y que no haya grandes obstáculos que impidan el paso de viento.

Granjas y Fincas: Las granjas y fincas suelen tener más espacio abierto, lo que hace que sean excelentes ubicaciones para la instalación de sistemas eólicos y hasta poder aprovechar otro tipo de energías renovables. Esto puede ser especialmente beneficioso en áreas rurales con vientos consistentes y fuertes.

1.2.6. Aerogeneradores de Eje Horizontal y Eje Vertical

En el mercado actual podemos encontrar dos tipos de típicos para instalar en viviendas: los de eje horizontal y los de eje vertical [16] [28]:

Características	Aerogeneradores de Eje Horizontal	Aerogeneradores de Eje Vertical
Tamaño	Generalmente más grandes y altos Altura: entre 5 metros hasta 15 metros	Más compactos y de menor tamaño Altura: entre 2 metros hasta 6 metros
Facilidad de Instalación	Requieren instalación más precisa y orientación hacia la dirección del viento	Pueden funcionar con vientos de cualquier dirección, lo que simplifica la instalación
Precio	Tendencia a ser más costosos debido a su tamaño y complejidad (300\$-5000\$)	Suelen ser más accesibles en términos de costos de instalación (150\$-3000\$)
Mantenimiento	Requieren mantenimiento regular de las palas y el sistema de giro	Necesitan menos mantenimiento en comparación con los de eje horizontal, ya que tienen menos piezas móviles
Pros	<ul style="list-style-type: none"> - Alta eficiencia en áreas con vientos consistentes y fuertes. - Mayor capacidad de generación de energía en condiciones de viento favorables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacidad para funcionar con vientos de cualquier dirección. - Requieren menos espacio y son más versátiles en términos de instalación.
Contras	<ul style="list-style-type: none"> - Requieren más espacio y una instalación precisa en la dirección del viento. - Pueden generar ruido y requieren un mantenimiento más frecuente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Menor eficiencia en comparación con los de eje horizontal en áreas con vientos constantes. - Pueden ser menos eficaces en la generación de energía en ciertas condiciones de viento, son buena opción para aplicaciones híbridas.
Ejemplos	Rewindagic, FLTXNY y Genway	Darrieus, Vevor y BuoQua.

Tabla 2: Horizontal vs Vertical. Fuente: [16] & [28]

1.3. Energía Solar Fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica se produce al convertir la radiación solar en electricidad utilizando paneles solares fotovoltaicos. Los paneles contienen células fotovoltaicas que absorben la luz solar y generan corriente eléctrica continua. En la figura 4 se puede ver como las tecnologías existentes se clasifican en función de su rendimiento." [38]

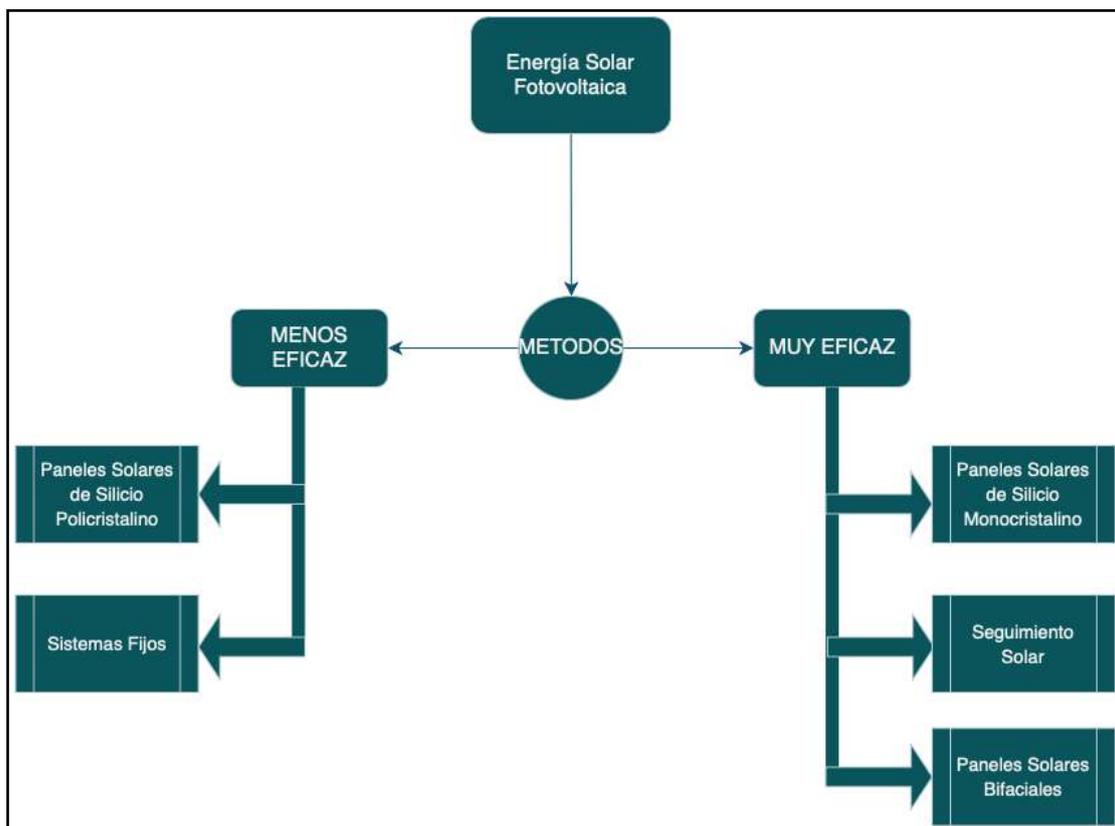


Figura 4: Solar Energy. [Elaboración Propia]

1.3.1. Métodos más eficaces

1- Paneles Solares de Silicio Monocristalino:

Los paneles monocristalinos se destacan por ser altamen-

te eficientes y eficaces en la conversión de la luz solar en electricidad(DC). Tienen una alta densidad de energía y un rendimiento constante(superando el 22 %).

2- Seguimiento Solar:

Los sistemas de seguimiento solar ajustan la orientación de los paneles solares para que sigan la trayectoria del sol durante el día, maximizando la exposición solar y, por lo tanto, la eficiencia del sistema.

3- Paneles Solares Bifaciales:

Estos paneles son capaces de capturar luz solar de ambos lados (parte frontal y trasera), lo que aumenta la eficiencia en condiciones de baja luminosidad o en áreas donde la reflectividad del suelo es alta.

1.3.2. Métodos con menor rendimiento:

1- Paneles Solares de Silicio Policristalino:

Aunque menos eficientes que los monocristalinos, los paneles de silicio policristalino todavía son eficaces, pero generan menos electricidad por unidad de superficie.

2- Sistemas Fijos:

Los paneles solares fijos no ajustan su orientación durante el día, lo que significa que no siempre están óptimamente alineados con el sol. Esto puede reducir su eficiencia en comparación con los sistemas de seguimiento solar.

Es importante señalar que la eficiencia de los paneles solares ha mejorado considerablemente en los últimos años, y la elección del método adecuado dependerá de factores

como la ubicación geográfica, el presupuesto y los objetivos específicos del proyecto. Los avances en la tecnología solar continúan, lo que hace que la inversión en energía solar sea una opción atractiva para la generación de energía sostenible[1].

1.4. Energía Hidráulica

La energía hidráulica aprovecha la energía cinética y potencial del agua en movimiento, como ríos o cascadas. Se utiliza para generar electricidad mediante turbinas hidráulicas conectadas a generadores.

A priori, la energía eólica y la energía hidráulica pueden parecer similares, ya que ambas aprovechan la energía cinética de un fluido. Sin embargo, es importante destacar que estos fluidos son diferentes: uno es aire y el otro es agua. A continuación, se presenta la tabla 3 que muestra las diferencias fundamentales entre estas dos fuentes de energía. [39]

Aspecto	Energía Eólica	Energía Hidráulica
Fuente de energía primaria	Viento	Agua
Localización	Cualquier lugar con vientos adecuados	Cerca de fuentes de agua en movimiento, como ríos y embalses
Variabilidad	Depende de la velocidad y dirección del viento, lo que puede generar fluctuaciones en la producción de energía	La generación de energía hidroeléctrica es más constante y predecible, depende menos de las condiciones meteorológicas
Impacto ambiental	Impacto ambiental menor en comparación con muchas otras fuentes de energía. Puede afectar la vida silvestre y paisajes visuales en ciertas ubicaciones	Puede tener un impacto significativo en ecosistemas acuáticos y vida silvestre, especialmente en grandes represas. Las pequeñas centrales hidroeléctricas pueden ser más sostenibles
Almacenamiento	Requiere sistemas de almacenamiento, como baterías, para aprovechar al máximo la energía generada y garantizar un suministro constante	Algunas centrales hidroeléctricas pueden actuar como sistemas de almacenamiento de energía al bombear agua hacia arriba durante períodos de baja demanda y liberarla para generar energía cuando es necesaria

Tabla 3: Comparación entre Energía Eólica y Energía Hidráulica. [Elaboración Propia]

1.5. Biomasa

La biomasa se destaca como una fuente de energía versátil y respetuosa con el medio ambiente. Dos productos notables derivados de la biomasa son el biogás y el biometano.

Aunque ambos se originan a partir de la descomposición de materia orgánica, presentan diferencias fundamentales que los hacen únicos y valiosos en el panorama de las energías renovables.

El biogás: es un producto derivado de la biomasa a través de un proceso de digestión anaeróbica. En este proceso, las bacterias descomponen materia orgánica, como residuos de alimentos, estiércol y lodos de aguas residuales, en un ambiente sin oxígeno. La composición principal del biogás es una mezcla de metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2), aunque también puede contener pequeñas cantidades de otros gases como nitrógeno, oxígeno y sulfuro de hidrógeno.

El biogás es una fuente de energía renovable versátil y sostenible con diversas aplicaciones. Se utiliza comúnmente en la generación de calor y electricidad en instalaciones de cogeneración. Su capacidad para aprovechar residuos orgánicos lo convierte en una herramienta importante para la gestión eficiente de desechos y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Además, se emplea en motores de combustión interna para generar energía mecánica.

Sin embargo, el biogás no es puro y puede contener impurezas, como dióxido de carbono, lo que limita su idoneidad para algunas aplicaciones como la generación de electricidad en turbinas de gas o aplicaciones domésticas de calefacción

y cocina. Además, debido a su composición y presión variables, el almacenamiento y el transporte del biogás pueden ser desafiantes.

[47]

El Biometano: la versión pura y limpia es una forma purificada de biogás que destaca por su alta pureza y limpieza. Se compone principalmente de metano, con una concentración de metano de al menos el 97%. El proceso de purificación elimina impurezas, como el dióxido de carbono y otros gases, convirtiéndolo en un combustible limpio y sostenible.

El biometano tiene una amplia gama de aplicaciones. Se utiliza como inyección directa en la red de gas natural, lo que lo convierte en una fuente de energía renovable para uso doméstico e industrial. También se utiliza como combustible para vehículos de gas natural comprimido (GNC) y gas natural licuado (GNL), ofreciendo una alternativa más ecológica a los combustibles fósiles.

Una de las ventajas del biometano es su capacidad de almacenamiento y transporte más sencillos en comparación con el biogás. Esto lo hace adecuado para aplicaciones de movilidad y su distribución en la red de gas natural.

1.5.1. Beneficios y Soluciones de Uso

Tanto el biogás como el biometano ofrecen soluciones importantes en la transición hacia una matriz energética más sostenible:

- **Reducción de Residuos Orgánicos:** Ambos produc-

tos permiten la gestión eficiente de residuos orgánicos, reduciendo la necesidad de vertederos y evitando la emisión de gases de efecto invernadero asociados con la descomposición de estos residuos.

- **Energía Renovable y Limpia:** Contribuyen a la mitigación del cambio climático y a la reducción de la dependencia de los combustibles fósiles al ofrecer alternativas de energía limpia y sostenible.
- **Infraestructura Gasista:** La inyección de biometano en la red de gas natural es una solución para utilizar biometano en aplicaciones energéticas, aprovechando la infraestructura gasista existente.
- **Sostenibilidad Energética:** Tanto el biogás como el biometano son fuentes de energía sostenible que pueden utilizarse en una amplia variedad de aplicaciones, desde calefacción y electricidad hasta combustibles para vehículos.
- **Independencia Energética:** Estas fuentes de energía pueden contribuir a la independencia energética al reducir la dependencia de los combustibles fósiles importados.

1.6. Energía Geotérmica

La energía geotérmica se define como la energía almacenada en forma de calor debajo de la superficie sólida de la Tierra. Esta incluye el calor conservado en rocas, suelos y

aguas subterráneas, independientemente de su temperatura, profundidad u origen. Sin embargo, no abarca el calor contenido en masas de agua superficiales, ya sean continentales o marinas.

El término "geotérmico" se refiere tanto a la ciencia que estudia los fenómenos térmicos en el interior de la Tierra como a los procesos industriales que aprovechan este calor para generar energía.

Aunque es una de las formas de energía renovable menos conocidas, la energía geotérmica desempeña un papel importante en la producción de energía limpia y sostenible. La palabra "geotermia" proviene del latín "geo", que significa "tierra", y "termia", que significa "calor", lo que refleja la esencia misma de esta fuente de energía: el calor de la tierra.

Gradiente de Temperatura Terrestre

La temperatura en el interior de nuestro planeta incrementa con la profundidad. Dado que solo hemos penetrado una fracción minúscula de su superficie, nuestra comprensión del interior terrestre depende de métodos indirectos. Podemos identificar tres capas principales basadas en profundidad y temperatura:

- **Núcleo:** Situado en el centro de la Tierra, sus temperaturas pueden llegar hasta los 6500°C. Presenta un estado sólido en su núcleo interno y líquido en su exterior.

- **Manto:** Las temperaturas oscilan entre 1000°C y 3000°C . Esta capa se vuelve progresivamente sólida hacia su superficie externa.
- **Corteza:** En el contacto con el manto, la temperatura puede ser de aproximadamente 1.000°C , disminuyendo considerablemente hasta los $15\text{-}20^{\circ}\text{C}$ en su superficie.

La temperatura de más del 99 % de la masa terrestre es superior a los 1.000°C , pero solo una pequeña fracción del 0,1 % se mantiene por debajo de los 100°C . El aumento de temperatura con la profundidad desde la superficie crustal hacia el interior se representa mediante el gradiente geotérmico g , expresado en $^{\circ}\text{C}/\text{km}$. El gradiente geotérmico típico se sitúa alrededor de los $25\text{-}30^{\circ}\text{C}/\text{km}$, aunque existen regiones donde esta cifra es más alta, con un promedio global de aproximadamente $33^{\circ}\text{C}/\text{km}$. [25]

La Figura 5 describe la variación de temperatura en función de la profundidad. Se puede medir directamente el gradiente geotérmico empleando perforaciones mineras o petroleras y sondas térmicas. No obstante, resulta más complicado cuantificar el flujo de calor terrestre. El valor que muestra es la cantidad de calor geotérmico expulsado por cada metro cuadrado, expresada en mW/m^2 , con un promedio mundial aproximado de $60 \text{ mW}/\text{m}^2$, aunque puede experimentar cambios considerables.

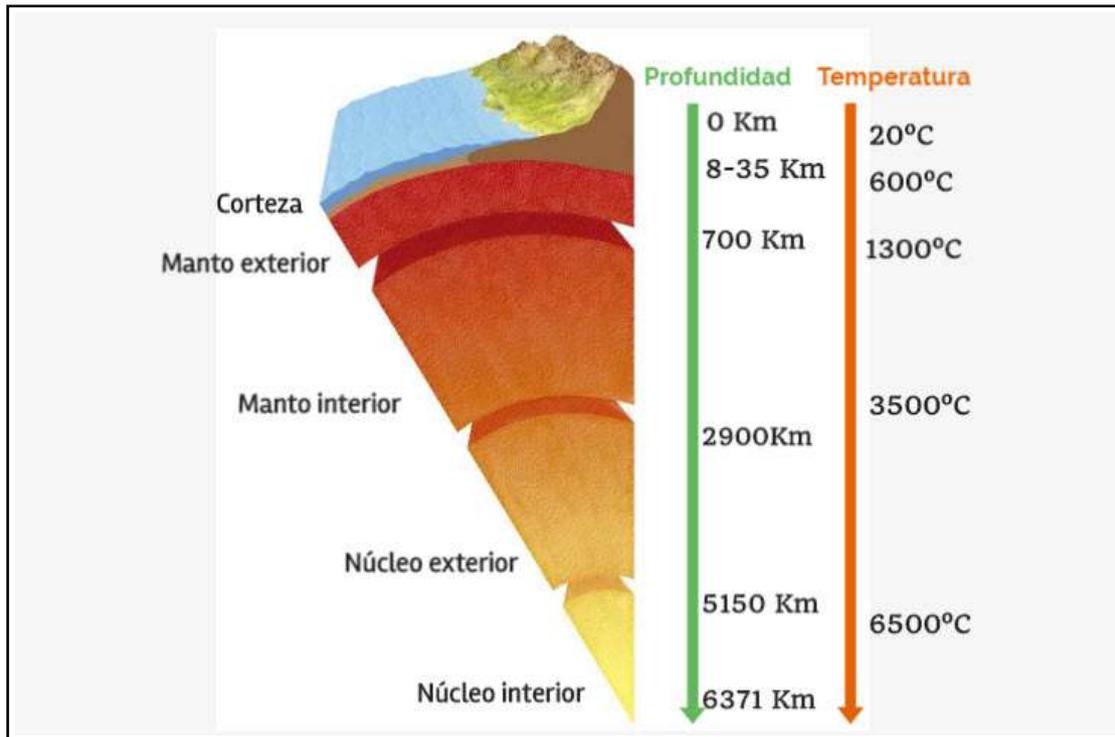


Figura 5: Variación de la temperatura de la Tierra según la profundidad. Fuente: [25]

El planeta emana aproximadamente 4.2×10^{12} J de energía por segundo a su superficie, de la cual solo un pequeño porcentaje es técnicamente aprovechable por el ser humano.

Recursos y Yacimientos Geotérmicos

Los recursos geotérmicos se definen como acumulaciones de calor dentro de la corteza terrestre en cantidades y formas que permiten su explotación económica y viable.

Un yacimiento geotérmico existe donde las condiciones geológicas y térmicas son favorables para el aprovechamiento económico de estos recursos, incluyendo:

- Un foco de calor activo.

- Un reservorio permeable con base impermeable por donde circula un fluido, generalmente en forma de vapor o líquido.
- Una capa sellante que previene o limita la fuga del fluido.

La clasificación de los recursos geotérmicos se basa en su temperatura:

- Muy baja temperatura: Menor a 30°C.
- Baja temperatura: Entre 30 y 90°C.
- Media temperatura: Entre 90 y 150°C.
- Alta temperatura: Más de 150°C.

Utilidades de la Energía Geotérmica

La energía geotérmica, derivada de la entalpía o el contenido de calor de un fluido geotermal, encuentra diversas aplicaciones basadas en su nivel de entalpía. La entalpía representa la cantidad de energía que un sistema termodinámico, como un fluido geotermal, puede transferir a su entorno. Aunque la entalpía subterránea de un fluido no se puede medir directamente debido a la falta de instrumentación específica, se asume que la temperatura y la entalpía están correlacionadas. Por tanto, las mediciones de temperatura se utilizan como proxy para estimar el contenido calórico de los fluidos geotermales.

Las aplicaciones de la energía geotérmica se categorizan según la temperatura del fluido, lo que permite su clasificación en los rangos definidos previamente: muy baja, baja, media y alta temperatura. Cada uno de estos rangos posibilita distintos usos de la energía geotérmica, desde aplicaciones domésticas hasta la generación de electricidad. A continuación, se describen los usos comunes y las temperaturas de operación asociadas a cada categoría de energía geotérmica. [3]

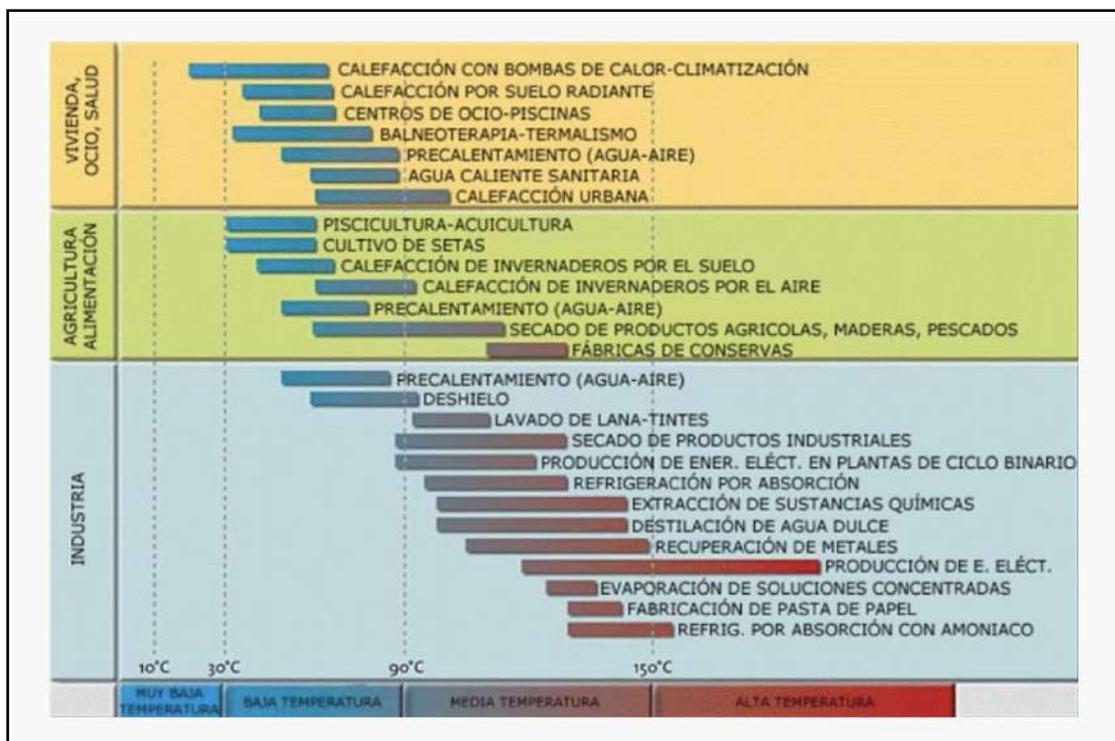


Figura 6: Principales usos de la geotermia en función de la temperatura. Fuente:[24]

Muy Baja Temperatura (Menos de 30°C): Estos sistemas son típicamente utilizados para calefacción geotérmica a pequeña escala, como la calefacción de espacios residenciales o inver-

naderos, y para aplicaciones de bombas de calor geotérmicas, donde se aprovecha el calor constante del subsuelo para regular la temperatura de edificaciones.

Baja Temperatura (30°C a 90°C): En este rango, la energía geotérmica se emplea en la calefacción de distritos, proporcionando calor para múltiples edificios desde una única fuente geotérmica. También se utiliza en la acuicultura, como la piscicultura, y en aplicaciones agrícolas, como el secado de cultivos.

Media Temperatura (90°C a 150°C): Estos recursos son adecuados para aplicaciones industriales que requieren calor a mayor temperatura, incluyendo procesos como el secado de productos alimenticios y materiales, y en algunas formas de generación de electricidad a pequeña escala mediante tecnologías como la turbina de ciclo orgánico de Rankine (ORC).

Alta Temperatura (Más de 150°C): Los fluidos geotermales en este rango son principalmente utilizados para la generación de electricidad en gran escala. Las plantas geotérmicas que operan a estas temperaturas pueden aprovechar directamente el vapor para impulsar turbinas y generar electricidad de manera eficiente.

2. Parcela 12

2.1. Contexto

El TFG se enfoca en la investigación de una parcela que va ser destinada a la explotación agropecuaria con el propósito específico de la cría de ganado ovino. El objetivo principal de este proyecto será transformar dicha parcela en una instalación sostenible desde diversos puntos de vista, considerando tanto aspectos ambientales como económicos y sociales. Es relevante destacar que en la actualidad la parcela se encuentra exenta de cualquier tipo de edificación. Este estado sin construcciones ofrece un lienzo en blanco para su potencial desarrollo. Dado que la parcela está destinada a la explotación animal, es importante tener en cuenta que la construcción está sujeta a restricciones en cuanto a su tamaño (6.2561 Hectarias) debido a las regulaciones establecidas por ley.

De acuerdo con la Ley 16/1995 de Ordenación del Territorio y Protección de la Naturaleza de la Comunidad de Madrid, estas limitaciones se especifican claramente en los artículos 3 y 20. Según dicha normativa, tanto la nave como la vivienda no pueden exceder un porcentaje específico del tamaño total de la parcela, lo que refleja la preocupación por la conservación del entorno natural y la gestión adecuada de los recursos en la zona.

En base a las regulaciones establecidas y la clasificación por

tipo de uso, la edificación se categorizará de la siguiente manera:

- **Para usos pecuarios:**

Se permite una ocupación máxima del 1 % de la superficie de la parcela, lo que equivale a un máximo de 625.61 m². Además, la altura máxima permitida es de 3 metros sobre el nivel del terreno.[4]

- **Para usos de vivienda:**

La superficie máxima permitida para la vivienda es de 15 veces la superficie de la finca en hectáreas(6,2561), que en este caso sería **93.84 m²**. [4]

2.2. Descripción de la instalación

La Parcela 12 se encuentra ubicada en Colmenar Viejo, Madrid, con una posición específica en el Polígono 8, Parcela 12, en estrecha proximidad a la carretera M-104 que conecta Colmenar Viejo con San Agustín del Guadalix. Clasificada como terreno rústico, su uso principal está destinado a actividades agrarias.



Figura 7: Ubicación Topográfica. Fuente: [9]

Datos del Carto de Madrid [7]:

- Referencia catastral: 28045A008000120000LJ
- Localización Polígono 8 Parcela 12 CERCA DE LA INFANTA.COLMENAR VIEJO
- Clase: Rústico
- Uso Principal: Agrario

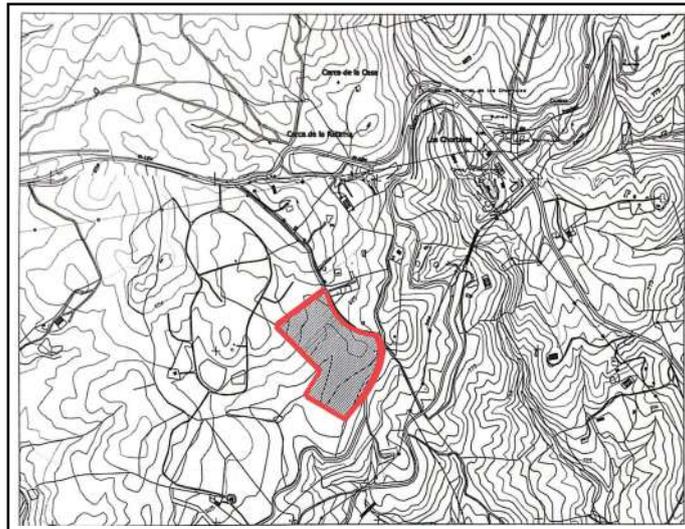


Figura 8: Parcela 12. Fuente:Sáez Colmenarejo

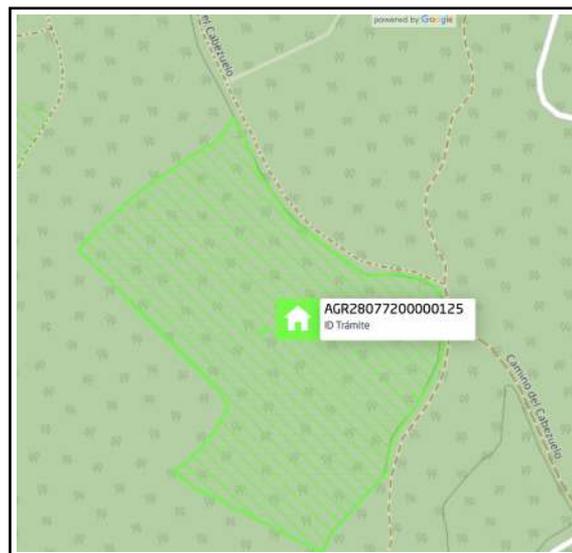


Figura 9: Geo Portal de Registradores [8]



Figura 10: Parcela 12. Fuente:Google

2.2.1. Planos de la Instalación:

En esta sección, se encuentran disponibles los planos del conjunto de la instalación, que incluyen tanto la nave como la casa, tanto desde el interior como desde el exterior y en las cuatro direcciones cardinales. Estos planos han sido elaborados por la empresa de arquitectura Sáez Colmenarejo.

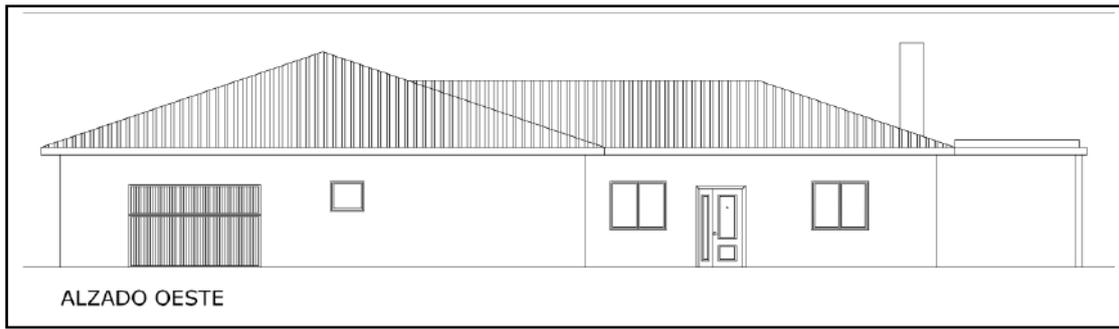


Figura 11: Alzado Oeste. Fuente:Sáez Colmenarejo

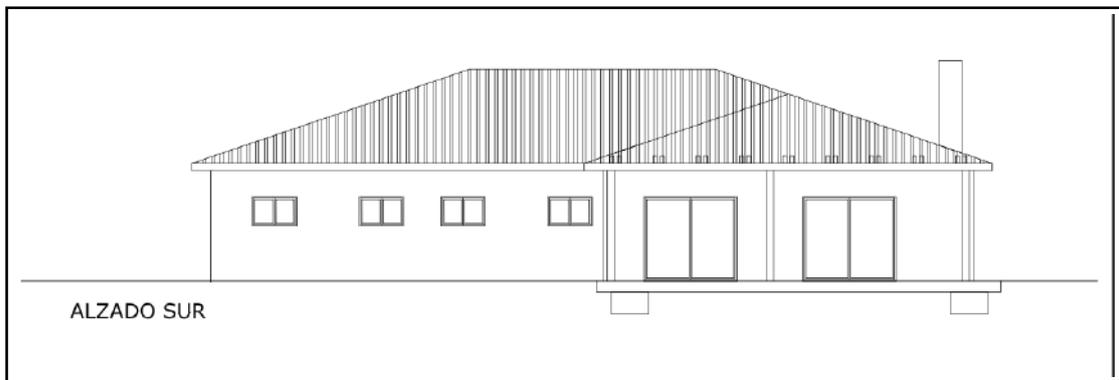


Figura 12: Alzado Sur. Fuente:Sáez Colmenarejo

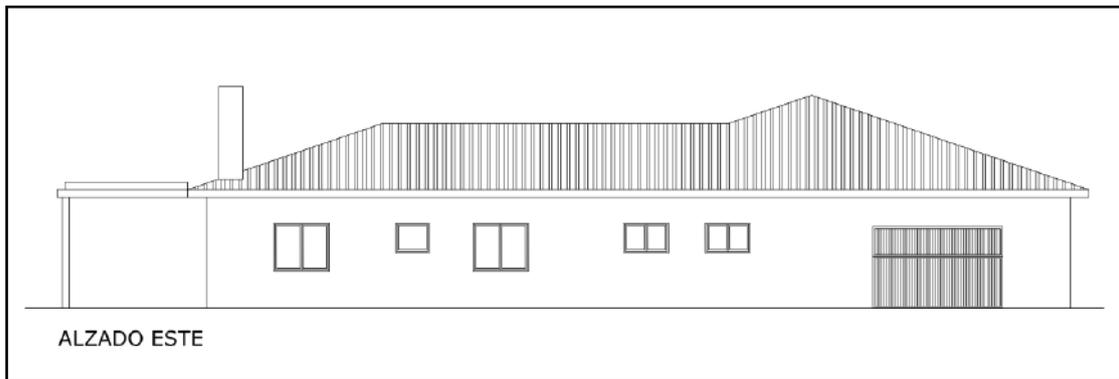


Figura 13: Alzado Este. Fuente:Sáez Colmenarejo

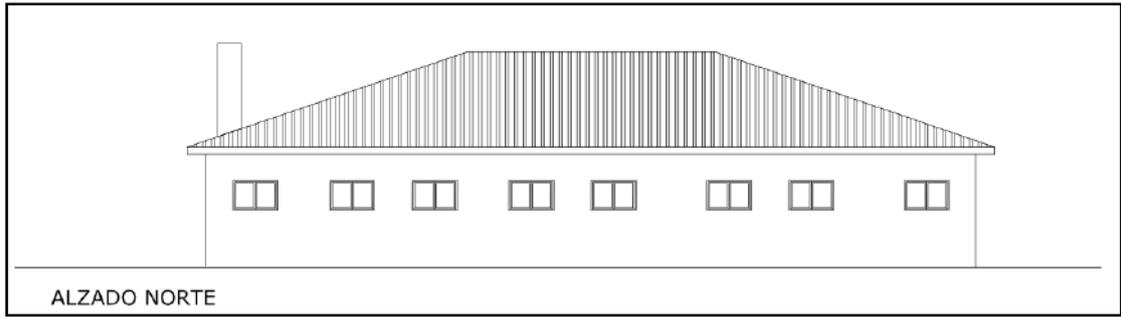


Figura 14: Alzado Norte. Fuente:Sáez Colmenarejo

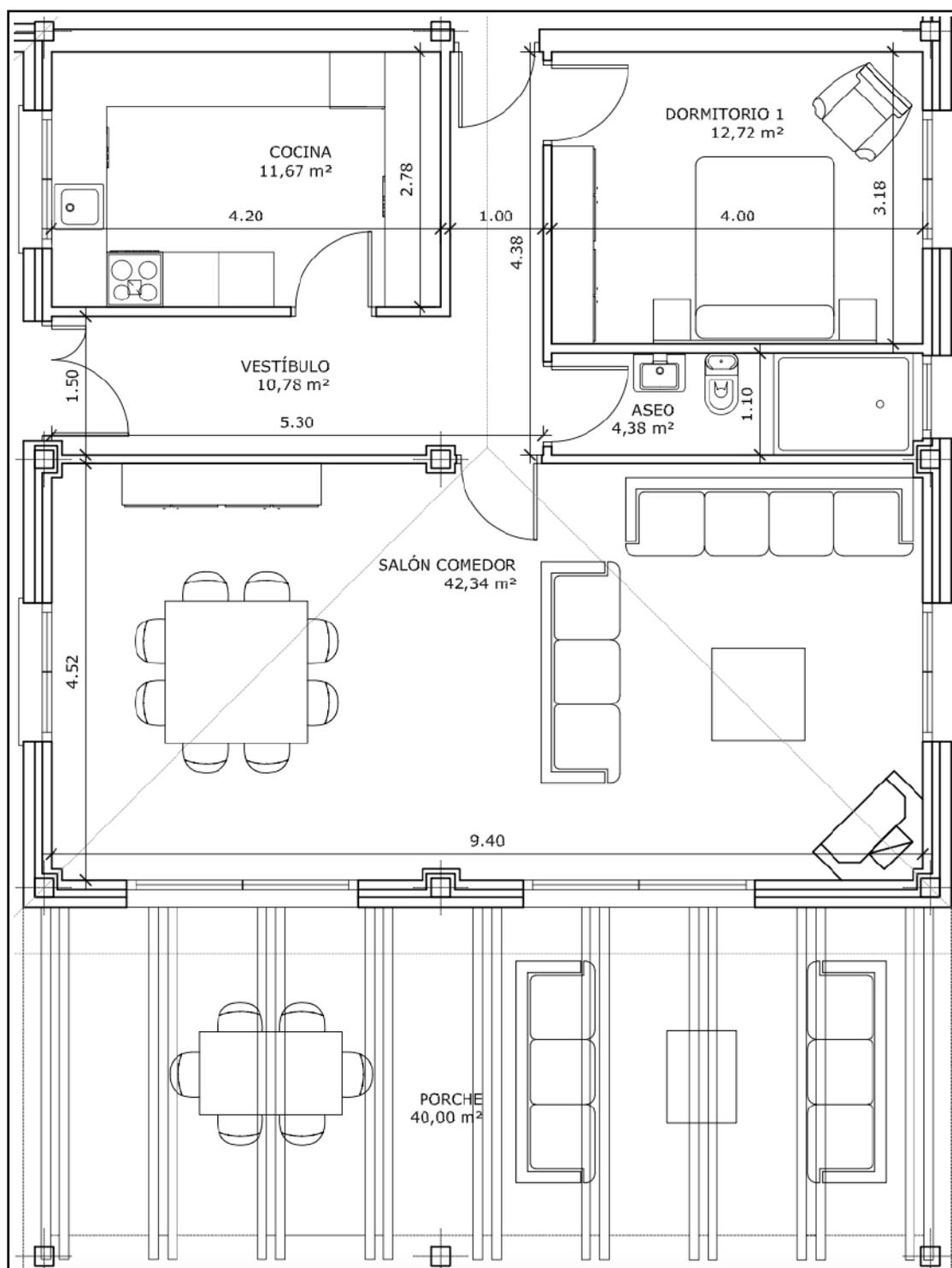


Figura 15: Plano de la Casa. Fuente:Sáez Colmenarejo

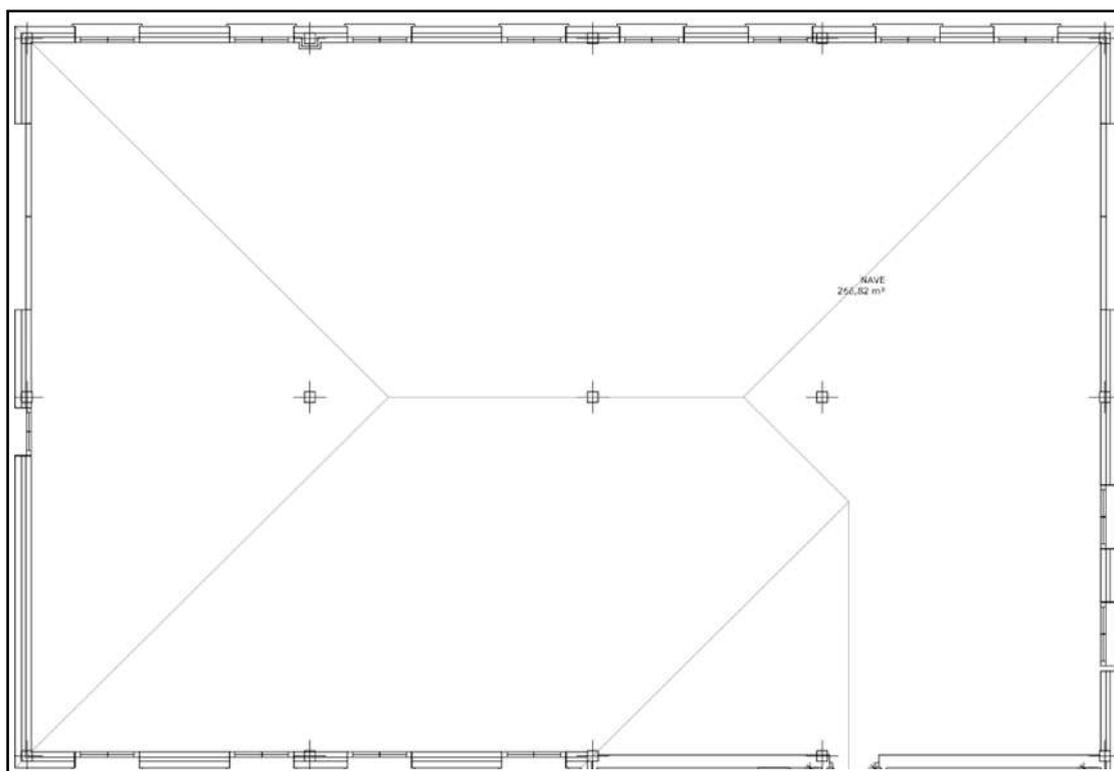


Figura 16: Plano de la Nave. Fuente:Sáez Colmenarejo

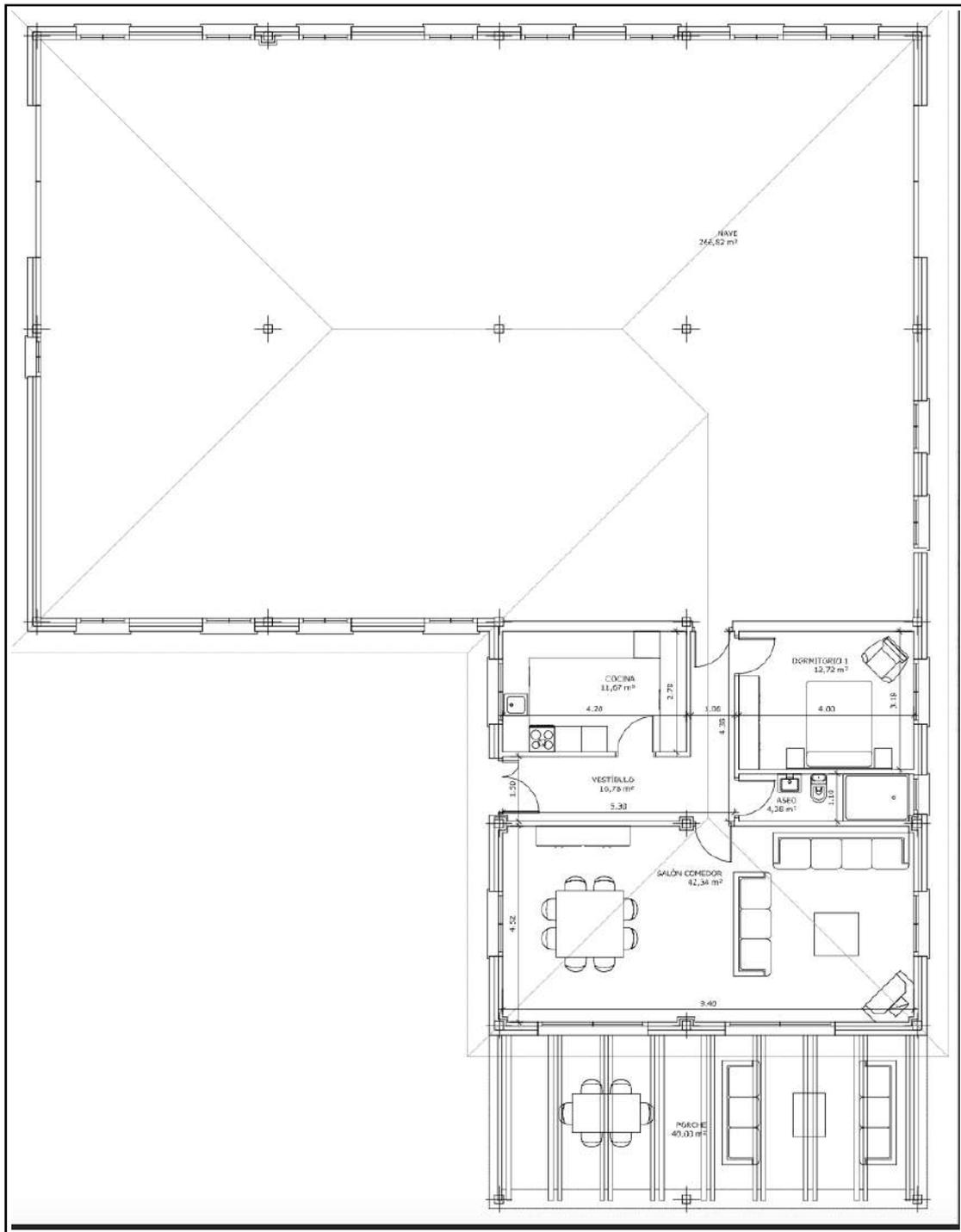


Figura 17: Plano General. Fuente: Sáez Colmenarejo

Como se puede ver en las figuras 15 y 17 los detalles específicos de la casa:

- 1 dormitorio de 12,72 m²
- Una cocina de 11,67 m²
- Un conjunto de salón y comedor de 42,34 m²
- Entre el salón y el dormitorio se encuentra el baño.
- Un porche de 40 m²
- Nave de 285,76 m²
- **Superficie Total Construida: 379,60 m²**

Nota: Un porche es aquel espacio arquitectónico abierto lateralmente y cerrado por la parte superior, adosado a una construcción. Quedan situados al lado del núcleo principal del edificio, en contraposición a un soportal que queda incluido dentro del edificio [49].

3. Análisis de Consumo

3.1. Consumo de la Vivienda

Una vez revisados los detalles de la instalación, pasamos a la siguiente fase: **calcular el consumo eléctrico necesario**. Para ello, comenzaremos identificando los electrodomésticos y dispositivos esenciales que se encontrarán en la casa, tales como lavadora, caldera, televisión, lavavajillas, entre otros. Existen varias formas para estimar el consumo necesario:

3.1.1. Consumo de Cargas Diario.

En la siguiente tabla 4, se realizará el cálculo del consumo diario de cada electrodoméstico. Esto nos va a permitir obtener el consumo diario total, a partir del cual se calculará la potencia que se necesita contratar.

Carga	Potencia (W)	Horas Diarias	Consumo Diario (KWh)	Referencia
LAVADORA	2500	2	5.00	[44]
HORNO	2000	1.5	3.00	[17]
MICROONDAS	900	0.25	0.23	[20]
NEVERA	300	24	7.20	[32]
VITROCERÁMICA	1000	5	5.00	[32]
ASPIRADORA	1000	1	1.00	[32]
CALEFACCIÓN	2000	6	12.00	[32]
LAVAVAJILLAS	2000	4	8.00	[32]
ROUTER	8	24	0.19	-
LAMPARA PERMANENTE	75	3	0.23	[36]
LAMPARAS LED (7 unidades)	80	4	0.32	[36]
LAMPARAS LED con sensor (7 unidades)	70	0.5	0.04	[36]
CARGADORES VARIOS	15	6	0.09	-
PC	25	3	0.08	-
AIRE ACONDICIONADO	1500	4	6.00	-
SECADOR DE PELO	2000	0.15	0.30	-
Consumo Total Diario (KWh)				49.56

Tabla 4: Consumo de Aparatos electrodoméstico, Elaboración propia, 2024

El consumo total diario es de **49,56 kWh**, mientras que el consumo total de todos los aparatos es **15.623 kW**. Para calcular la potencia requerida, hay que considerar el factor de simultaneidad. Este factor representa la probabili-

dad de que todos los aparatos eléctricos estén funcionando simultáneamente en un momento dado. En Madrid, para una vivienda, este factor de simultaneidad es del orden de 0,25. [13]

Dicho esto vamos a calcular la potencia necesaria es:

$$\text{Potencia Total} \times \text{FS} + C = \text{Potencia necesaria kW} \quad (1)$$

FS : Factor de Simultaneidad

Donde: P : Potencia a Contratar

C : Constante = 1 KW [13]

$$15,623 \times 0,25 + 1 = 4,90 \text{ kW} \quad (2)$$

Para asegurarnos de la precisión de estimación podemos comprobarlo con la siguiente tabla sacada del libro de Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor de Simultaneidad	Factor de Utilización	Máximo número de tomas	Potencia necesitada (W)
Iluminación	200	0.75	0.5	25	1875
Tomas de uso general	3450	0.2	0.25	4	690
Cocina y Horno	5400	0.5	0.75	2	4050
Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3450	0.66	0.75	3	5123.25
Baño y cuarto de cocina	3450	0.4	0.5	4	2760
Potencia Total					14.49825 KW

Tabla 5: Resumen de potencia necesitada por circuito. Fuente [43]

La potencia final es parecida a la que se ha calculado anteriormente.

$$14,49825 \times 0,25 + 1 = 4,62\text{kW} \quad (3)$$

3.1.2. Calculadoras de Potencias:

Las grandes empresas eléctricas ofrecen herramientas de simulación, como la Calculadora de Potencias, para estimar el consumo de energía necesario. En este caso, se ha utilizado el simulador proporcionado por Iberdrola[31].

El procedimiento es simple y los resultados son bastante precisos, coincidiendo considerablemente con los cálculos realizados anteriormente. El proceso se puede observar en la siguiente figura 18



Figura 18: Calculadora de Potencia. Fuente:[31]

El simulador de Iberdrola estima un consumo eléctrico entre 4.6 y 5.75 kW, mientras que el cálculo previo proporcionó una cifra de 4.9 kW. Esta simulación ofrece una validación de los cálculos realizados anteriormente.

3.2. Consumo de la Nave:

La nave, con una superficie de 285,76 m², será utilizada como un refugio para los animales, proporcionando un espacio seguro durante condiciones climáticas adversas como lluvia, viento y nieve. Es esencial garantizar una iluminación adecuada y calefacción para asegurar el bienestar de los animales, especialmente durante los inviernos con temperaturas bajas que a veces alcanzan incluso bajo cero. Aunque no se

trata de una nave industrial en el sentido convencional, sino más bien de un espacio sencillo diseñado para proteger a los animales.

3.2.1. Normativa:

Según la Ley 7/2023, de 28 de marzo, de protección de los derechos y el bienestar de los animales, y con la última actualización normativa, se establecen pautas específicas para garantizar el cuidado apropiado de los animales. Entre estas disposiciones se encuentra la regulación de las condiciones ambientales para los corderos y ovejas, con el objetivo de asegurar su bienestar.

Para los corderos y ovejas con vellón, la normativa establece que la temperatura interior de la nave debe mantenerse en un rango entre 5°C y 23°C, con una velocidad del aire media de 0.5 m/s. Se reconoce que el vellón proporciona cierta protección adicional contra el frío, por lo que estas condiciones son fundamentales para su confort y salud.

Por otro lado, para las ovejas sin vellón, es decir, aquellas que carecen de lana, la ley establece que la temperatura recomendada oscile entre 17°C y 31°C, con una velocidad del aire de aproximadamente 1.5 m/s. Estas temperaturas más elevadas se justifican debido a la ausencia de lana, que normalmente actuaría como aislante térmico.

3.2.2. Consumo Eléctrico:

Para saber qué tipo de instalación climática se necesita en la nave, es importante saber las condiciones climáticas en Colmenar Viejo. Para ello, se accede a la base de datos de AEMET [10]. En las figuras 19 se pueden ver las medias anuales de temperaturas máxima, mínima y la media anual de temperatura de Colmenar Viejo. Se observa que las medias anuales de:

- $T_{\max} = 18.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_{\min} = 10 \text{ }^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{media}} = 14 \text{ }^{\circ}\text{C}$

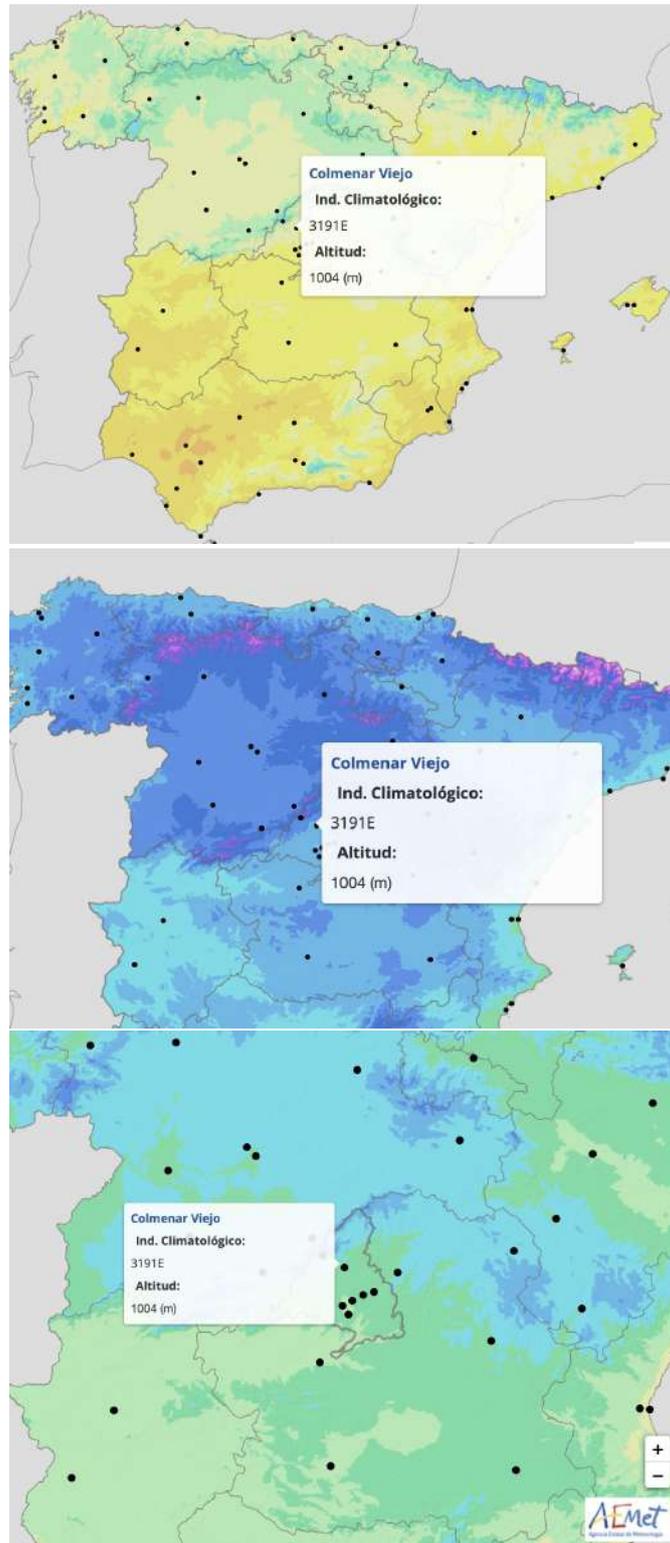


Figura 19: Media anual de Temperaturas de Colmenar Viejo. Fuente:AEMET

Existen varios tipos de sistemas de calefacción eléctrica para naves de, como:

- Aires acondicionados portátiles
- Ventiladores y extractores
- Radiantes de Helios
- Lámparas de Calor
- Bombas de Calor

una forma precisa para estimar el consumo de energía en una nave de este tipo es: **Cálculo de potencia consumida:**

- **Consumo por calefacción:**

La mayor parte de la energía se destina al uso de calefacción. Se puede calcular la potencia necesaria en función de los metros cuadrados que se necesitan calentar.

La fórmula para calcular la potencia de calefacción requerida es la siguiente:

$$\text{Potencia requerida por metro cuadrado} = a \times b \times c \times d \times e \quad (4)$$

Donde:

- a : representa el área de la instalación en metros cuadrados.

- *b*: es el factor de orientación de la nave, que varía según la exposición al sol:
 - Para orientación Norte: 1,12
 - Para orientación Sur: 0,92
 - Para orientación Este u Oeste: 1
- *c*: indica el nivel de aislamiento de la vivienda:
 - Sin aislamiento: 1,10
 - Buen aislamiento: 0,93
 - Aislamiento sencillo: 1
- *d*: Corresponde a la zona climática en la que se encuentra la vivienda, según el Código Técnico de la Edificación:
 - Zona A: 0,88
 - Zona B: 0,95
 - Zona C: 1,04
 - Zona D: 1,12
 - Zona E: 1,19
- *e*: Es constante, vale 85 y representa la temperatura de confort en grados Fahrenheit.

Según la normativa mencionada anteriormente, una nave con una superficie de 285,76 m² puede albergar un máximo de entre 90 y 100 corderos. Actualmente, solo hay 30 corderos en la nave. Por lo tanto, inicialmente no parece necesario cubrir toda la nave con calefactores. Sin embargo, el cálculo tendrá en cuenta la capacidad

máxima de 100 corderos para prevenir gastos adicionales en instalaciones climáticas en el futuro. Es importante tener en cuenta que instalar un sistema para toda la nave no implica necesariamente un gasto excesivo, ya que se puede regular según sea necesario en cada caso.

$$\text{Potencia requerida} = 280 \times 0,92 \times 0,93 \times 0,88 \times 85 = 19,3 \text{ Kw} \quad (5)$$

Nota: Suponiendo que la calefacción se utiliza unas 5 horas al día en los días de invierno, es decir, durante 5 horas, el consumo diario estimado sería de **90kWh**.

■ **Consumo por Iluminación:**

Para calcular la potencia necesaria para la iluminación de la nave como refugio de animales, seguimos los pasos a continuación:

1. **Estima la necesidad de luz:** Utilizamos 150 lúmenes por metro cuadrado como una estimación para un refugio de animales que no requiere altas intensidades de luz [40] & [12].
2. **Calcula la necesidad total de lúmenes:** Multiplicamos el área total del refugio por la necesidad estimada de lúmenes.

$$\text{Lúmenes necesarios} = 280 \text{ m}^2 \times 150 \text{ lúmenes/m}^2 = 42,000 \text{ lúmenes} \quad (6)$$

3. Selecciona las bombillas:

Selección de Bombillas: Determinamos el tipo de bombillas que usaremos y verificamos cuántos lúmenes proporciona cada una. Se opta por utilizar bombillas LED que proporcionan aproximadamente 800 lúmenes cada una. Las bombillas LED son elegidas por su eficiencia energética y larga vida útil, lo que las hace ideales.



Figura 20: Ejemplo de una Bombilla LED. Fuente: [Amazon]

4. Calcula el número de bombillas necesarias:

$$\text{Número de bombillas} = \frac{\text{Lúmenes necesarios}}{\text{Lúmenes por bombilla}} = \frac{42,000 \text{ lúmenes}}{800 \text{ lúmenes/bombilla}} \quad (7)$$

necesitaríamos aproximadamente **53 bombillas**.

5. Calcula la potencia total necesaria:

Si cada bombilla LED tiene una potencia de 10 watts, entonces la potencia total necesaria para la iluminación sería:

$$\text{Potencia total} = 53 \text{ bombillas} \times 10 \text{ watts/bombilla} = 530 \text{ watts} \quad (8)$$

Por lo tanto, necesitaríamos aproximadamente 530 watts de potencia para proporcionar una iluminación adecuada, asumiendo que estamos utilizando bombillas LED eficientes.

Para realizar una estimación general del consumo de la nave, considerando que la mayor parte del consumo estará destinado a la calefacción y la iluminación, podemos estimar otro tipo de consumo general que representará aproximadamente el 10 % del consumo de calefacción e iluminación. Esto sería alrededor de 2 kW. Por lo tanto, el consumo total de la nave se puede calcular de la siguiente manera:

$$\text{Potencia de la Nave} = 19,3 + 0,53 + 2 = 22,3\text{kW} \quad (9)$$

Una vez calculada la potencia total requerida en la nave, se procede a determinar el consumo diario. Suponiendo un escenario en el que se utiliza toda la instalación durante 5 horas al día, obtenemos un consumo diario estimado de **110 kWh**. Consumo total= consumo de casa

4. Proceso de diseño de la instalación

Una vez que hemos estimado los consumos para nuestra instalación, procedemos a seleccionar las tecnologías adecuadas para satisfacer esta demanda y lograr la independencia energética. En nuestro caso, se descarta directamente el

aprovechamiento de la energía hidráulica debido a la falta de cuerpos de agua en la zona(Lagos,Rios,Mares,etc..).

Dada la ubicación y las características específicas de nuestro proyecto, el uso de energía solar mediante paneles fotovoltaicos se presenta como una opción muy conveniente. Además, consideramos la energía geotérmica como una alternativa viable y atractiva, especialmente dado que aún no existe edificación en el sitio. Estudiar la viabilidad de la geotermia es especialmente interesante en esta fase, ya que los costos de la implementación de son bastante menores antes de la construcción de la casa.

5. Análisis del recurso solar

El proceso general para diseñar una instalación fotovoltaica sigue el siguiente esquema:

1. Identificar el tipo de instalación requerida.
2. Recolectar los datos necesarios.
3. Dimensionar el diseño.

Además, este estudio se apoyará en simulaciones utilizando el software PVsyst debido a su amplia base de datos y la variedad de opciones que ofrecen para el diseño y análisis de sistemas fotovoltaicos también de manera reducida y orientativa se usará el software gratuito Global Solar Atlas.

5.1. Tipo de Instalación

Existen 2 tipos principales de instalaciones fotovoltaica

5.1.1. Sistemas aislados:

Los sistemas aislados, al no estar conectados a la red eléctrica, suelen contar con dispositivos de almacenamiento para la energía generada. Este almacenamiento es importante y crucial, ya que los paneles solares solo producen energía durante el día, mientras que la demanda del usuario suele ser mayor por la tarde y la noche. Por lo tanto, es necesario almacenar la energía no utilizada durante el día para su uso posterior cuando la generación es menor o nula.

En este diseño específico, es fundamental que la planta fotovoltaica esté configurada de manera que durante las horas de insolación pueda satisfacer las necesidades de carga eléctrica y simultáneamente recargar las baterías de almacenamiento. Esto implica una buena planificación de la disposición de los paneles solares y la implementación de un sistema de gestión de energía eficiente, que permita la distribución óptima de la energía generada para cumplir con ambos propósitos: alimentar la carga en tiempo real y almacenar el exceso de energía para su uso posterior cuando la generación sea insuficiente. La eficacia de este diseño radica en su capacidad para garantizar un suministro eléctrico constante y confiable, incluso durante períodos de baja irradiación solar o en ausencia de luz solar directa.



Figura 21: Elementos de una instalación solar aislada. Fuente: [22]

5.1.2. Sistemas Conectados a la Red:

Estos sistemas no suelen contar con dispositivos de almacenamiento, ya que la energía generada durante las horas de insolación se dirige directamente a la red eléctrica. Por el contrario, en momentos de baja o nula insolación, la carga eléctrica se abastece principalmente desde la red.

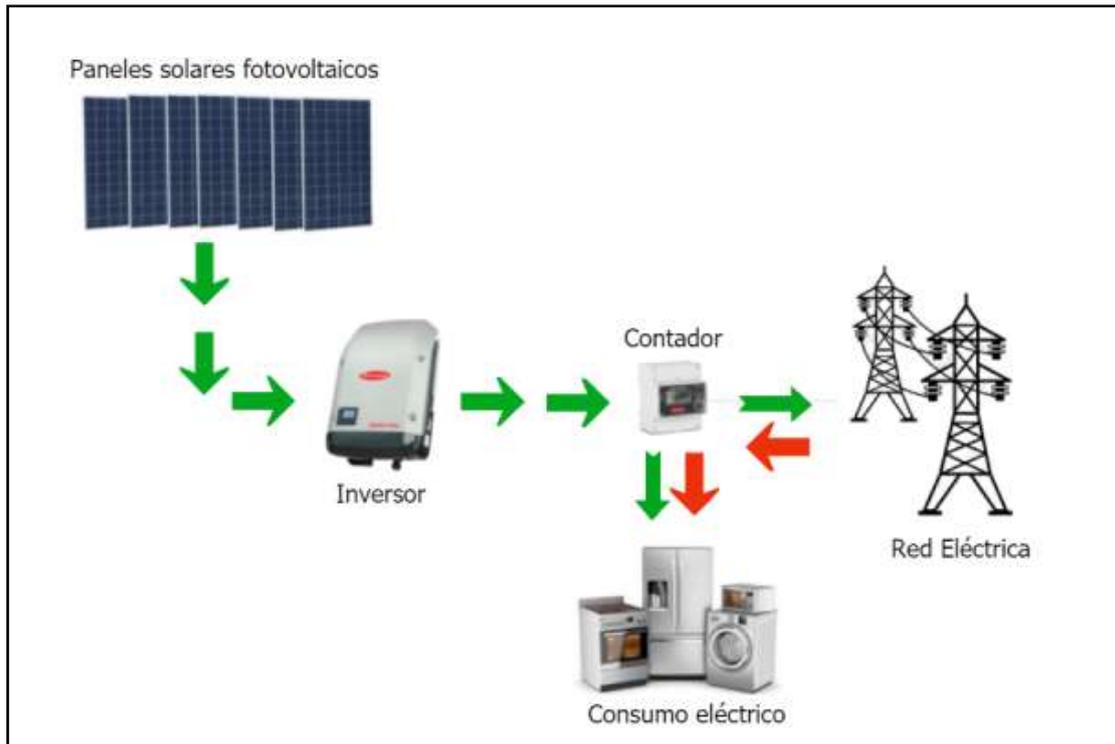


Figura 22: Elementos de una instalación conectada a red. Fuente: [41]

En proyectos de autoconsumo es importante seguir esta ma-
pa conceptual

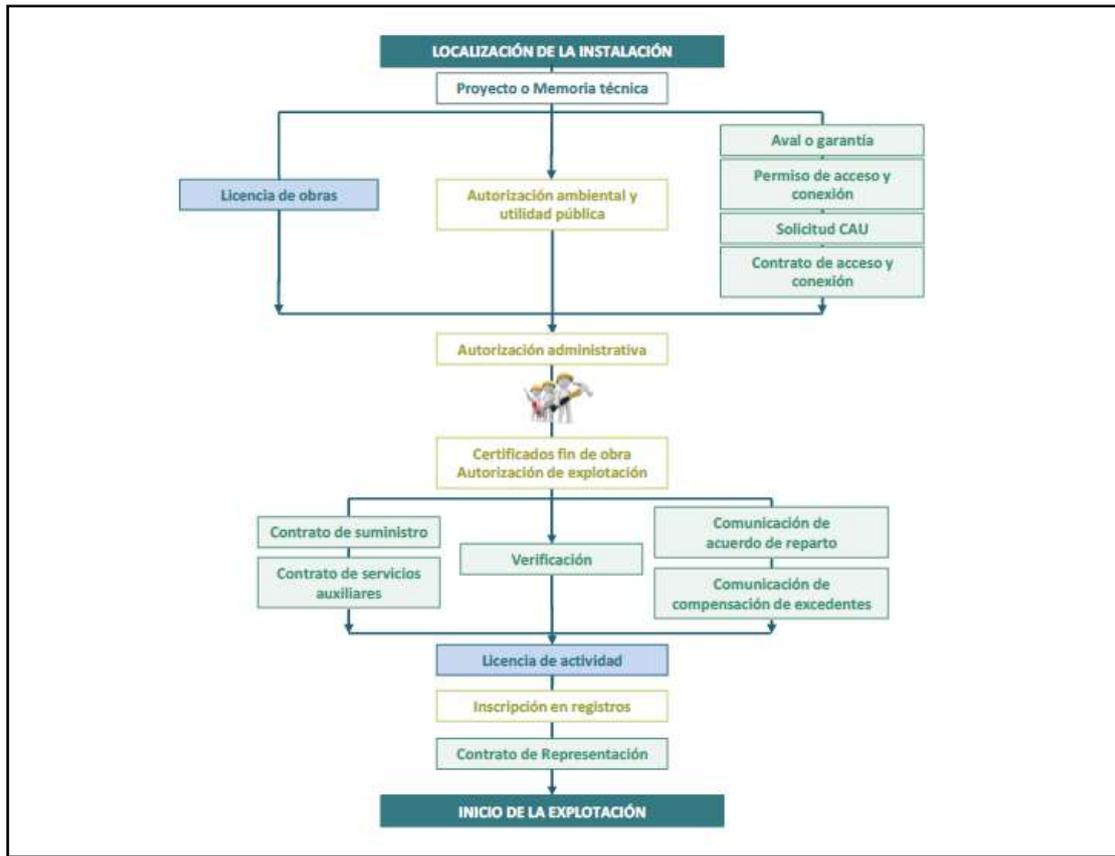


Figura 23: Hitos en las instalaciones de autoconsumo. Fuente:[5]

5.2. Pre-Simulación:

En nuestro caso, los análisis se realizarán considerando sistemas conectados a la red eléctrica. Esto se debe a que los sistemas aislados requieren el uso de baterías, cuyo costo suele ser considerablemente alto, lo que podría afectar la viabilidad económica del proyecto. En nuestro caso, los análisis se realizarán considerando sistemas conectados a la red eléctrica. Esto se debe a que los sistemas aislados requieren el uso de baterías, cuyo costo suele ser considerablemente alto, lo que podría afectar la viabilidad económica del pro-

yecto.

5.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL PUNTO DE CONEXIÓN

El punto de conexión es en baja tensión, en la red interior del consumidor. Por lo tanto, la conexión se realizará en el primer Cuadro de Baja Tensión de dicha red, tal como se refleja en los esquemas de generación de baja tensión de la ITC-BT 40 y en la normativa específica de autoconsumo, el RD244/2019. Además, se especifica en esta normativa la modalidad de autoconsumo que será la de: Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes, no acogida a compensación.

"b) Modalidad de suministro con autoconsumo con excedentes. Corresponde a las modalidades definidas en el artículo 9.1.b) de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre. En estas modalidades, las instalaciones de producción próximas y asociadas a las de consumo podrán, además de suministrar energía para autoconsumo, inyectar energía excedentaria en las redes de transporte y distribución. En estos casos, existirán dos tipos de sujetos de los previstos en el artículo 6 de la Ley 24/2013, de 26 de diciembre, que serán el sujeto consumidor y el productor."

"b) Modalidad con excedentes no acogida a compensación: Pertenece a esta modalidad todos aquellos casos de autoconsumo con excedentes que no cumplan con alguno de los requisitos para pertenecer a la modalidad con exceden-

tes acogida a compensación o que voluntariamente opten por no acogerse a dicha modalidad."

5.2.2. Global Solar Atlas

Para iniciar el estudio, primero utilizaremos el software **Global Solar Atlas**, el cual se basa en la base de datos de Solargis [2]. Esta herramienta resulta especialmente útil, ya que nos proporciona una variedad de datos precisos, incluyendo el recorrido solar a lo largo del día, ángulos de inclinación y orientación óptimos, así como la irradiación normal directa y la irradiación horizontal global, entre otros. Esto nos permitirá realizar un análisis más preciso de la disponibilidad de energía solar en la ubicación del proyecto. En el caso de la parcela ubicada en las coordenadas 40.685455° de latitud y -003.666741° de longitud, podemos obtener la tabla de irradiación normal a lo largo de todo el año (ver Figura 24). De esta tabla, podemos extraer que la irradiación anual es de **2018.5 kWh/m²**.

	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
0 - 1												
1 - 2												
2 - 3												
3 - 4												
4 - 5												
5 - 6				8	102	191	135	11				
6 - 7			25	207	350	417	451	306	147	25		
7 - 8		79	307	407	462	534	594	528	422	287	105	13
8 - 9	264	394	465	482	533	614	687	629	529	430	362	275
9 - 10	433	491	524	524	564	660	747	698	588	485	435	416
10 - 11	484	539	564	550	585	678	780	742	634	524	482	464
11 - 12	507	579	598	560	590	683	794	758	647	562	507	483
12 - 13	507	584	599	554	563	667	787	744	633	545	497	483
13 - 14	488	557	549	526	532	637	749	700	591	515	464	467
14 - 15	460	519	513	499	507	602	702	647	552	475	421	430
15 - 16	409	477	472	452	472	556	648	592	496	425	346	327
16 - 17	165	331	414	396	421	498	586	515	416	245	62	41
17 - 18		20	173	285	347	414	497	402	172	11		
18 - 19				32	164	249	307	106				
19 - 20						11	17					
20 - 21												
21 - 22												
22 - 23												
23 - 24												
Sum	3,719	4,571	5,203	5,482	6,193	7,411	8,482	7,378	5,826	4,529	3,680	3,399

Figura 24: Irradiación normal directa [Wh/m²]. Fuente: Global Solar Atlas [2], 2024

Para maximizar la captación de radiación solar, hay que ajustar la inclinación y la orientación de las placas solares. Este ajuste va a depender principalmente de la ubicación específica dentro de la parcela, y se logra al analizar detenidamente el recorrido solar (ver Figura 25). Es fundamental evitar en la medida de lo posible la proyección de sombras sobre las placas solares, aunque en nuestro caso apenas se aprecie dicha sombra.

La orientación óptima es hacia el sur, mientras que la **inclinación ideal** oscila entre los 35° y los 50°. Estos valores garantizan una captación máxima de radiación solar a lo largo del año.

Nota: Estos datos también se utilizarán para obtener resultados más precisos con PVsyst, lo que permitirá un análisis más detallado y completo de la eficiencia energética del sis-

tema fotovoltaico.

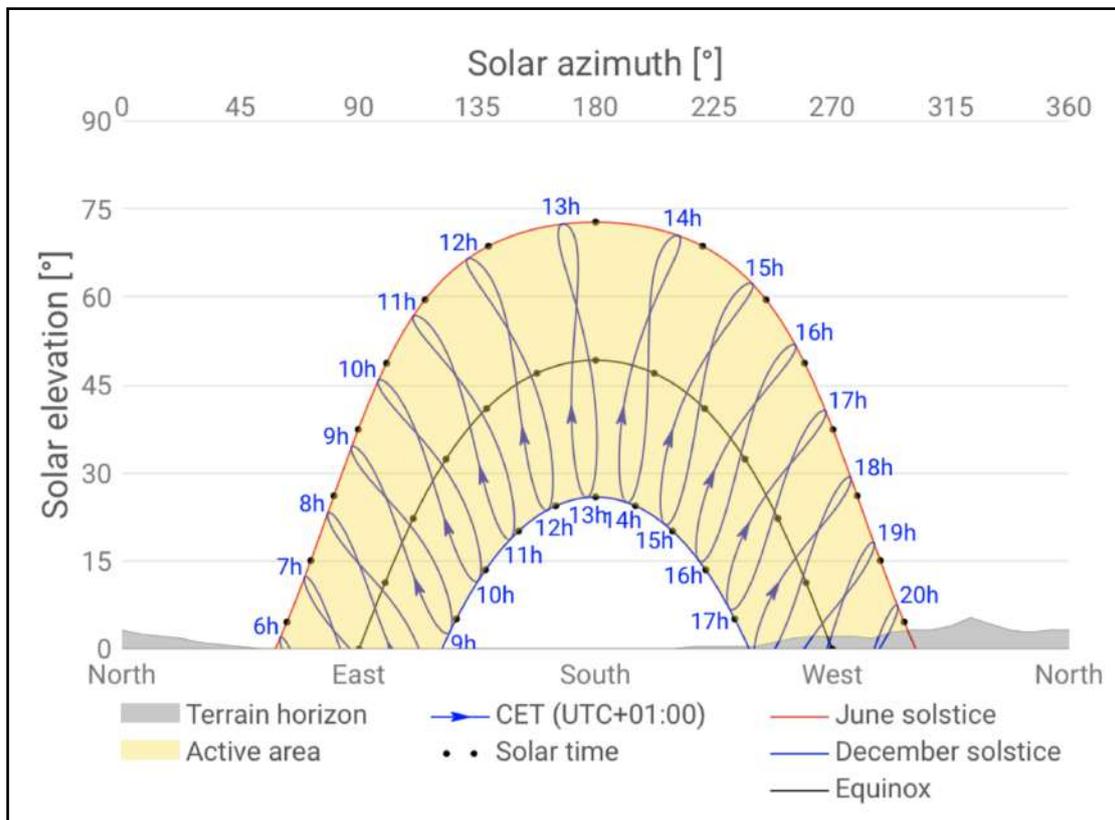


Figura 25: Recorrido solar. Fuente: Global Solar Atlas, 2024

5.2.3. PVsyst:

PVSyst es un software diseñado para el estudio, dimensionamiento y análisis de sistemas fotovoltaicos completos. Incluye bases de datos extensivas de meteo y componentes de sistemas PV, así como herramientas generales de energía solar. Es adecuado para sistemas conectados a la red, autónomos, de bombeo y de DC-grid (transporte público)[42]. El primer paso consiste en realizar un **diseño preliminar** del sistema fotovoltaico, para lo cual necesitamos calcular

la potencia nominal en kWp que en total sería 27 Kwp. y por el otro lado hacemos otro diseño fijando una area que se va autilizar para la instalación de placas solarles dicha area va a ser 350 m². **1ºDiseño:**

Este cálculo dependerá de diversos factores, como la irradiación solar del lugar, la eficiencia de los paneles y las horas de sol pico. Sin embargo, para obtener una estimación inicial, dividiremos el consumo pico por la horas de sol pico promedio de la ubicación de la parcela, que en Madrid es de 5.74 horas [45]. Por lo tanto, la potencia nominal sería aproximadamente:

$$Potencia\ nominal\ (kWp) = \frac{Consumo\ diario\ (kWh)}{Horas\ de\ sol\ pico\ (h)} = \frac{152\ kWh}{5,74\ h} = 26,48\ kWp \quad (10)$$

Se puede ver en la figura de abajo (Figura 26)el resultado del diseño preliminar con una configuración de paneles fijos inclinados a 35° y orientados al sur (180° azimuth). Los parámetros destacados incluyen una potencia nominal de 30 kWp, un costo de módulos de 0.85 EUR/Wp para tecnología monocristalina. Los resultados muestran una ocupación de área maxima de 188 m², una producción anual esperada de 51.5 MWh, una inversión total estimada en 92947 EUR, y un costo energético de 0.12 EUR/kWh. La gráfica muestra la variabilidad estacional de la radiación solar, tanto global horizontal como en el plano inclinado, subrayando la relevancia de estos datos para la eficiencia y la producción

energética del sistema a lo largo del año.

Nota: Estos valores solo deben considerarse como un orden de magnitud. Evaluaciones más precisas estarán disponibles con una simulación detallada.

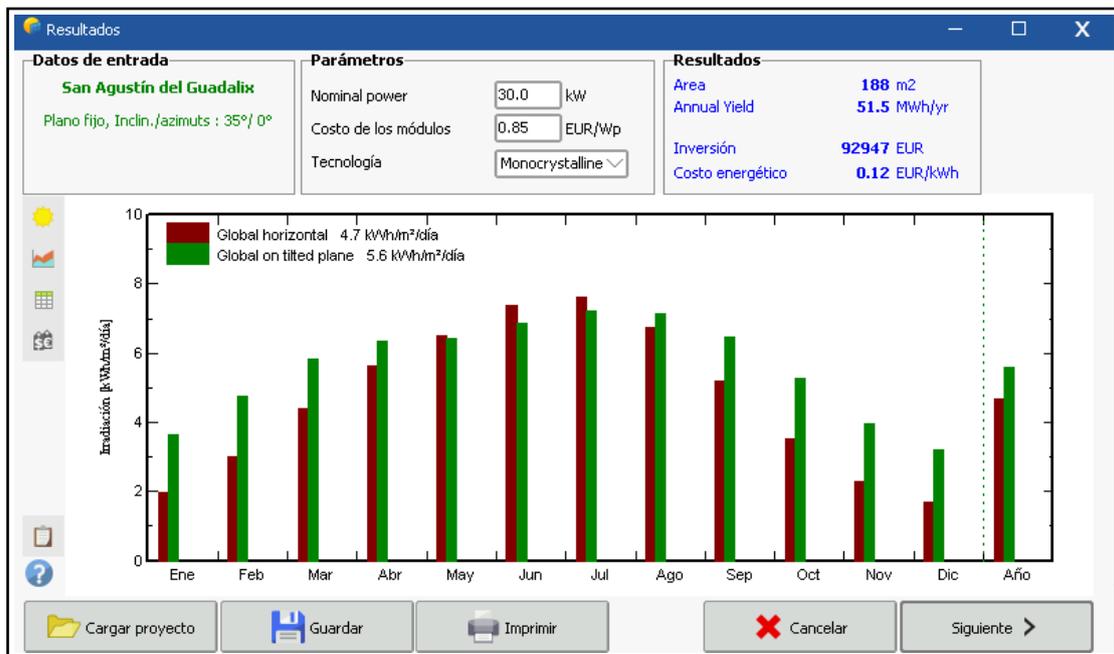


Figura 26: Resultado Prelimina de Potencia Instalada. Elaboración Propia por PvSys

2º Diseño



Figura 27: Diseño preliminar Area activa. Elaboración Propia por PvSyst

El segundo paso es hacer el diseño y simulación del proyecto, pero antes hay que hacer un estudio sobre la tecnologías de placas solares existentes con el fin de hacer una comparacion de placas solares y elegir un modelo optimo para maximizar la eficiencia y minimizar los costes.

1. TSM-19.20 de la marca Trina Solar:

El modelo de placa solar Trina Solar TSM NEG es un panel de alto rendimiento que genera hasta 410 W (ya que el tipo de Células solares son monocristalino), con una eficiencia máxima del 21,3%. Está diseñado para ser compatible con inversores, optimizadores y sistemas de montaje convencionales, lo que lo hace versátil pa-

ra diferentes instalaciones. Sus dimensiones son 1.134m x 1.762m x 30 mm, ocupando una superficie de 1.998 m²[48] y su precio actual es de 169,53 Euros. .¹

2. **Max3-400 de la marca SunPower:**

El Max3-400 de SunPower, con tecnología PERC monocristalina, ofrece una potencia nominal de 400 W llega a una potencia máxima de 410 W y una eficiencia máxima del 22.8 %. Este modelo, tiene dimensiones de 1872 mm x 1032 mm x 35 mm, lo que resulta en una superficie de 1,93 m². Diseñado en EE. UU. y montado en China. [46] y su precio actual es de 420 Euros ².

3. **MBB 465 de la marca Longi:**

Este panel de la marca Longi cuenta con una potencia máxima de 465 W y una eficiencia del 21,4 %. Sus dimensiones son de 1960 mm x 1303 mm x 30 mm, ocupando una superficie total de 2.55 m². Aunque no es compatible con la mayoría de los optimizadores, este modelo está diseñado y fabricado en China. Con respecto a su precio, comienza desde 0.458 euros por Wp, lo que resulta en un costo estimado de aproximadamente 212.97 euros para cada panel [18].

4. **JA LR4-72HIH:**

Este modelo de JA Solar tiene una potencia que varía entre 445 W y 465 W, ofreciendo una eficiencia de entre

¹Precio en AutosSolar Fecha 23/03/2024

²Precio en Suministro del sol Fecha 23/03/2024

el 20.5 % y el 21.4 %.el panel mide 2094 mm x 1038 mm x 35 mm y abarca una superficie de 2.17 m². Está diseñado y fabricado en China. Precio actual es 215 Euros.[18]

5. **RSM-72-6-352P-345P de la marca Risen Solar:**

Este modelo implementa la tecnología policristalina si-poly, ofreciendo un rango de potencias que varía de 325 W a 345 W y un rango de eficiencia de 16.7 % a 17.8 %. Aunque su rendimiento es inferior en comparación con otros modelos que utilizan tecnología monocristalina, la cual ofrece mayor eficiencia. El panel tiene dimensiones de 1980 mm x 992 mm x 40 mm, resultando en una superficie total de 1.94 .

En la siguiente tabla se puede ver un resumen de

Marca	Modelo	Tipo	Eficiencia (%)	Potencia Máx. (W)	Euros/Wp	Superficie Ocupada (m ² /panel)
Trina Solar	TSM-19.20	Monocrist	21.3	410	0.75	1.99
SunPower	P3-375-BLK	Monocrist	22.8	375	0.85	1.90
Longi	465 MBB	Monocrist	20.9	465	0.458	2.55
JA	LR4-72HIH	Monocrist	20.5	445	0.483	2.17

Tabla 6: Comparativa de marcas de placas solares[Elaboración Propia].

Una vez se han evaluado varios modelos, se ha decidido utilizar los paneles solares Trina Solar para realizar las dos simulaciones. Posteriormente, se seleccionará el diseño más rentable de los dos, basándose en criterios como la eficien-

cia, el costo inicial y el rendimiento a lo largo del tiempo.

5.3. Cálculo de preliminar de la instalación:

Para esta simulación, se tienen dos grados de libertad:

1. Instalar el número de placas solares necesario para cubrir el consumo diario, que en nuestro caso sería de 33.51 kWp.

$$\frac{\text{Potencia Pico instalación (Wp)}}{\text{Potencia Pico módulo} \left(\frac{\text{Wp}}{\text{módulo}} \right)} = \text{Cantidad de módulos} \quad (11)$$

$$\frac{30000 \text{ Wp}}{410 \left(\frac{\text{Wp}}{\text{módulo}} \right)} = 74 \text{ módulos}$$

2. Instalar el número máximo de placas solares posible en una superficie de aproximadamente 350 m².

$$\frac{\text{Área Total}}{\text{Área del módulo}} = \text{Cantidad de módulos} \quad (12)$$

$$\frac{350 \text{ m}^2}{1,99 \left(\frac{\text{m}^2}{\text{módulo}} \right)} = 176 \text{ módulos}$$

Este último diseño tendrá una potencia instalada de 72.16 kWp,

Instalar un exceso de paneles solares puede ser financieramente desfavorable. Vender la energía excedente a la red no

suele ser rentable debido a los bajos precios de compra. En el Reino Unido, por ejemplo, los propietarios de sistemas solares ganan entre 6p y 9p por kWh a través del esquema Smart Export Guarantee (SEG) [21] [19]. Estos ingresos son insuficientes para justificar la inversión adicional en paneles que generan energía más allá de lo que se consume localmente. Beneficios Limitados del Excedente de Energía

Aunque los programas de net metering permiten créditos en las facturas de electricidad futuras, las condiciones y beneficios varían considerablemente según la región y las políticas locales [27]. El exceso de producción puede generar ingresos muy por debajo del coste de la electricidad comprada en la red, disminuyendo la rentabilidad global de la inversión [34].

Optar por un número de paneles adecuado para satisfacer la demanda energética del hogar maximiza los beneficios económicos y evita inversiones innecesarias. La instalación de paneles adicionales que generan más energía de la que se consume habitualmente representa un uso ineficiente de recursos y capital [34] [19]. Por tanto, se elige el diseño 1.

Nota: peniques (p) es una denominación de moneda en el Reino Unido. En términos de conversión, 1 penique es igual a 0.01 libras esterlinas (£). Por lo tanto, 6 peniques (6p) equivalen a 0.06 libras esterlinas (£0.06).

5.3.1. Inversor:

Un inversor es un dispositivo electrónico que convierte corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). La importancia del inversor radica en su capacidad para hacer compatible la energía generada o almacenada con la infraestructura eléctrica existente y los aparatos eléctricos que utilizamos diariamente, que están diseñados para operar con corriente alterna.

Las instalaciones fotovoltaicas pueden contar con uno o varios inversores, que se clasifican en tres tipos:

- **Inversor central:** Utilizado en instalaciones de gran potencia, es la configuración más sencilla, ya que dispone de un único inversor de gran tamaño que convierte toda la potencia. Sin embargo, todo tiene sus desventajas eficiencia menor y en el caso de la producción algún fallo se pierde toda la energía de todos los paneles que están conectados al inversor.
- **Inversor string o en cadena:** Ideal para instalaciones de menor potencia, este tipo de inversor permite conectar los *strings* o ramas de módulos entre sí. De esta manera, maneja menos potencia y se reducen las pérdidas de cableado y en el caso de que se produzca algún fallo en uno de los inversores, solamente se pierde la potencia de los paneles que están conectados a dicho inversor, no se pierde toda la potencia generada.

- **Microinversores:** Son inversores de muy baja potencia que se conectan a un solo panel fotovoltaico. Esta configuración minimiza las pérdidas y maximiza la potencia obtenida y suele ser mucho mas cara.

Sabiendo la potencia instalada que se va a necesitar, se puede ya elegir el tipo de inversor que en nuestro caso va a ser inversores tipo String. Teniendo en cuenta que nuestra potencia instalada es de 30.4 kWp, es necesario un ratio DC/AC razonable. Para ello, es fundamental entender qué es el ratio DC/AC.

El **ratio DC/AC** es una medida que compara la potencia de salida del sistema de paneles solares (DC) con la potencia nominal de entrada del inversor (AC). Este ratio se utiliza para dimensionar correctamente el inversor y garantizar que pueda manejar la cantidad de energía generada por los paneles solares. Un ratio DC/AC típico puede variar, pero generalmente se encuentra en un rango entre 1.1 y 1.3, dependiendo de factores como el clima, la ubicación y el tipo de paneles solares utilizados [27] [19]. Un ratio menor que 1 indicaría que el inversor está sobredimensionado para la potencia de los paneles solares, lo que podría resultar en una operación ineficiente y una subutilización del inversor. Esto puede llevar a una menor eficiencia global del sistema y a una inversión menos rentable [34]. Un ratio DC/AC alto (mayor 1.3) significa que el inversor funcionará a su máxima capacidad más frecuentemente, aprovechando al máximo la energía generada. Sin embargo, también significa llevar a un

mayor riesgo de sobrecarga y posibles pérdidas de eficiencia si no se dimensiona adecuadamente [34].

Dicho lo anterior, se ha seleccionado el inversor **Huawei SUN2000-28KTL** de Huawei debido a su alto rendimiento y su compatibilidad con la mayoría de tipos y marcas de placas fotovoltaicas. Con este Inversor obtenemos **Dc/AC de 1.1**. En la siguiente tabla se pueden ver sus características:

Especificaciones del Inversor SUN2000-28KTL	
Parámetro	Valor
Voltaje MPP mínimo	200 V
Voltaje MPP máximo	1,000 V
Corriente máxima por MPPT	30 A
Corriente máxima por entrada	20 A
Potencia de salida nominal (AC)	27500 W
Potencia máxima de salida (AC)	55,000 VA
Voltaje nominal de salida	400 Vac / 480 Vac
Frecuencia de red	50 Hz / 60 Hz
Eficiencia máxima	98.5 %
Dimensiones (Ancho x Altura x Profundidad)	640 x 530 x 270 mm
Peso	49 kg

Tabla 7: Especificaciones de Entrada, Salida, Peso y Dimensiones del Inversor Huawei SUN2000-50KTL-M3. Elaboración Propia



Figura 28: Huawei Sun2000-50KTL. Fuente: Huawei Technologies

Se ha determinado la implementación de **1** inversor para garantizar que, bajo ninguna circunstancia, se produzca una sobrecarga en el sistema.

La figura 29 destaca la importancia de mantener el voltaje de operación dentro de los límites aceptables para los inversores a través de diferentes temperaturas, y cómo se distribuye la energía generada en función de la potencia del conjunto, asegurando así que los inversores pueden manejar eficientemente la toda carga producida. Así se optimiza la eficiencia del sistema garantizando su fiabilidad y durabilidad al evitar sobrecargas.

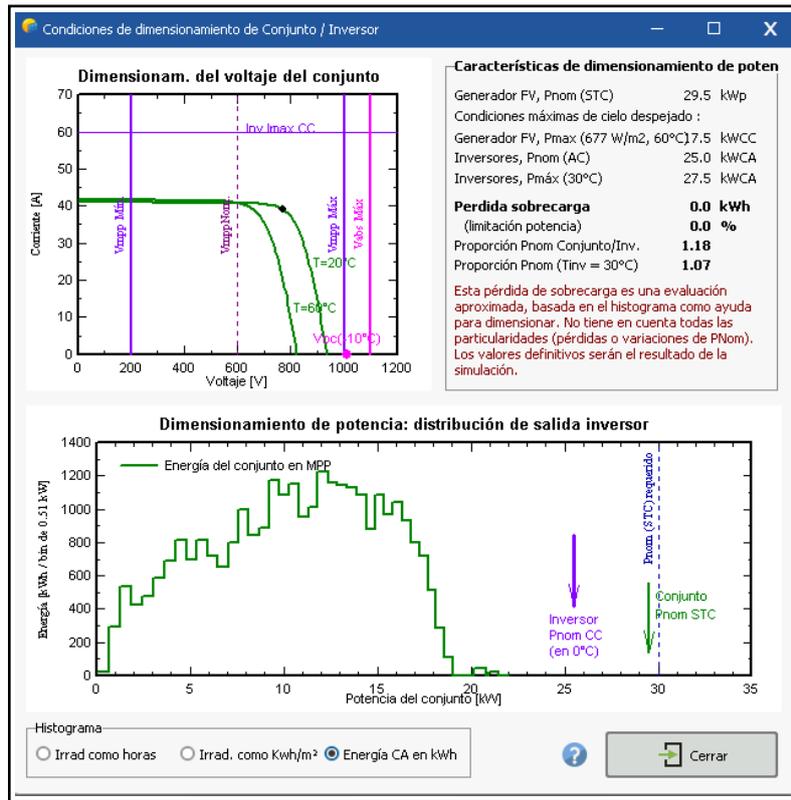


Figura 29: Análisis de dimensionamiento y distribución de potencia. Fuente:PVsyst

5.4. Simulación del Sistema

La simulación se diseñó con parámetros usando la base de datos de PVsyst, teniendo en cuenta las características físicas y operativas del lugar de instalación como se puede ver el diseño en 3D en la figura 30. A continuación, se presentan los parámetros de entrada (Inputs) y los resultados clave obtenidos de la simulación:

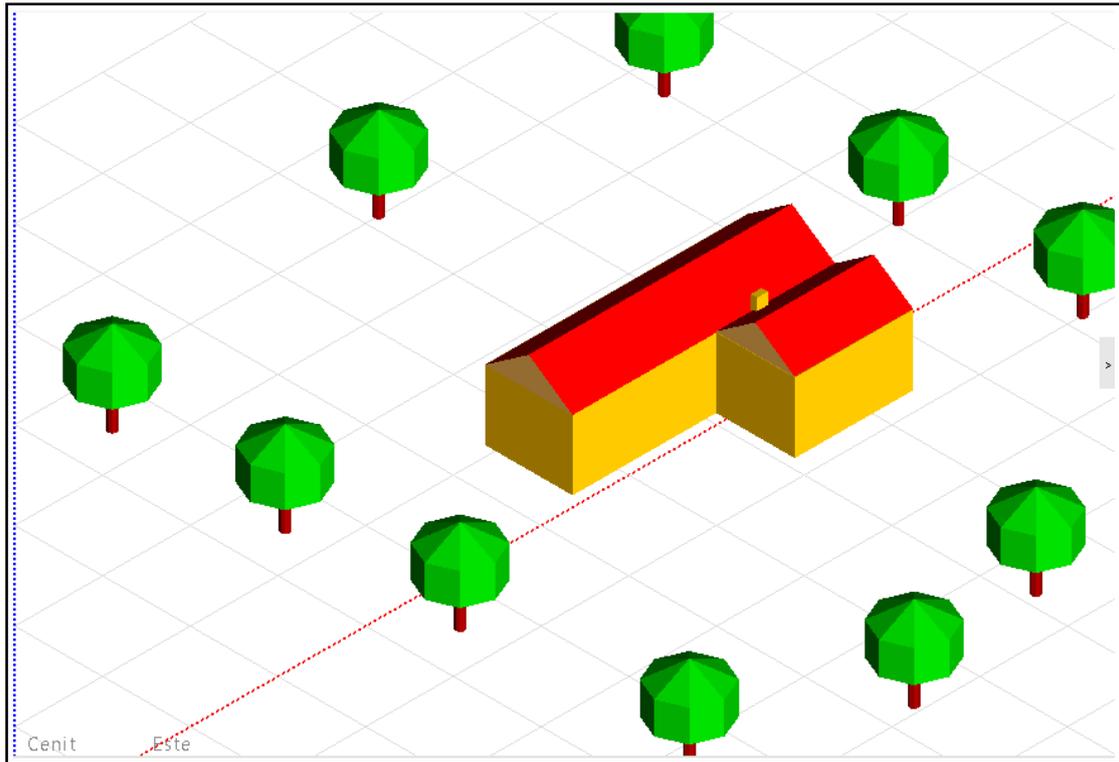


Figura 30: Diseño básico en 3D de la instalación. Fuente: Elaboración Propia por PvSyst

5.4.1. Parámetros de Entrada:

- **Orientación y Configuración del Módulo Fotovoltaico:**
 - Orientación: El sistema se configuró con una inclinación fija de **35 grados** y un azimut de **180 grados**, orientación sur, para maximizar la captación de radiación solar a lo largo del año.
 - Módulo Fotovoltaico: Se seleccionó el modelo **Trina Solar TSM-DE15H** por su eficiencia y destacándose por su alta producción energética bajo diversas

condiciones de irradiación.

- Área Disponible: Se contó con una área disponible de **350 m²** para la instalación de los paneles solares.

■ Selección del Inversor:

- Se eligió el inversor **Huawei SUN2000-25KTL-M5-400V** de Huawei Technologies, por su eficiencia en la gestión de la energía generada y su compatibilidad con el sistema fotovoltaico.

5.4.2. Resultados de la Simulación PVSyst:

■ Configuración del Sistema:

- La instalación de **72 paneles fotovoltaicos** fue determinada, ocupando un área de **148 m²**. Esta configuración permite generar una potencia instalada de **30 kWp**, lo que asegura una cobertura energética adecuada incluso en períodos de baja irradiación solar.

■ Rendimiento y Producción:

- La simulación proyectó una **producción anual de 26 MWh**, con una producción específica de **881 kWh/kWp/año** y un coeficiente de rendimiento (PR) de **0.834**, indicando una alta eficiencia en la conversión de energía solar a eléctrica a lo largo del año.

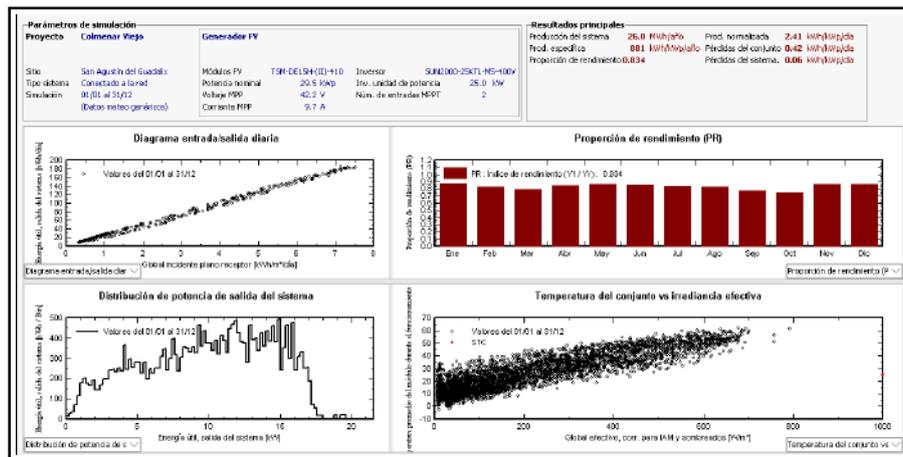


Figura 31: Resultado de la Simulación. Fuente: 9.8

Nota: para más detalles como el esquema de pérdidas y el esquema unifilar, vease el informe 1 en el Anexo de informes. El siguiente paso es hacer otra simulación pero ahora con otro software para asegurarnos de la fiabilidad de cada simulación.

5.4.3. Resultados de la Simulación HelioScope:

HelioScope es una herramienta avanzada para diseñar y vender proyectos solares, creada por Aurora Solar. Está pensada especialmente para profesionales del sector fotovoltaico y facilita la creación de diseños precisos para sistemas solares comerciales e industriales. Lo que hace a HelioScope realmente especial es su capacidad para integrar modelado 3D y simulaciones de rendimiento, lo que optimiza tanto el diseño como la eficiencia de los proyectos solares.

Este software suele hacer el trabajo más fácil, también mejora la colaboración entre los equipos de ventas e ingeniería,

asegurando que las propuestas se generen con mayor precisión y rapidez. [35]

Pasos del Diseño:

1. Introducir la ubicación de la instalación.

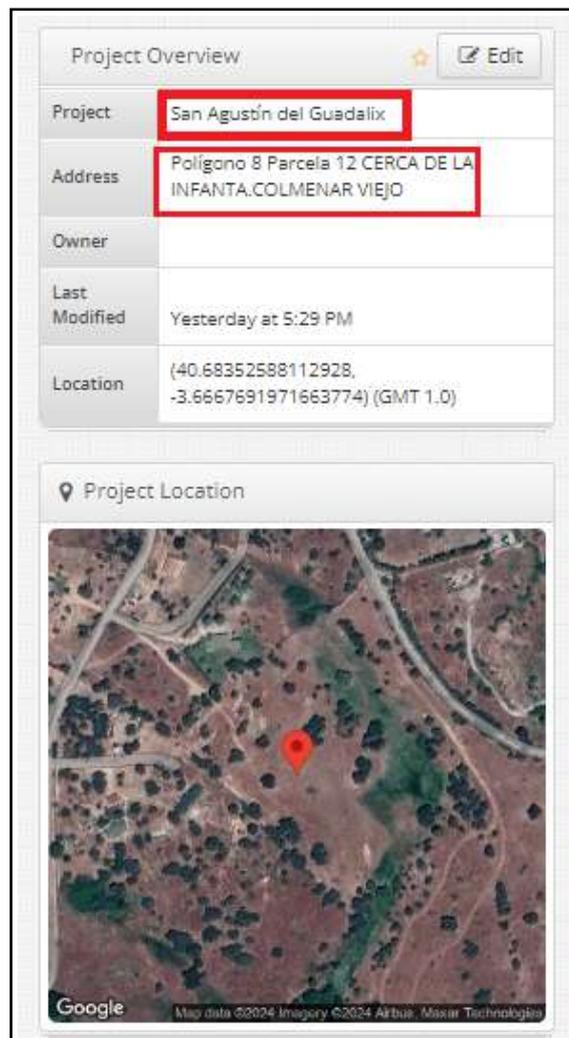


Figura 32: Ubicación de la Parcela en HelioScope

2. Elegir el modelo de paneles solares. Se ha seleccionado el modelo TrinaSolar TSM-NEG19RC.20 de 410W. Como en la sección anterior.

3. **Realizar el diseño 3D:** En este paso, es necesario considerar las dimensiones tanto de la nave como de la casa, además de la inclinación del tejado. Una vez realizado el diseño (ver figura 33), se procede a la selección de un inversor adecuado. El ratio DC/AC debe estar entre 1.1 y 1.25 para minimizar posibles pérdidas. En este caso, se elige el inversor Huawei Sun2000-50KTL-M3 de 50 kW, dado que la potencia instalada del diseño es de 59 kWp por lo que el **DC/AC ratio es 1.12**.
4. **Hacer la simulación:** La realización de la simulación genera automáticamente un informe de resultados que se adjuntará en el Anexo de informes. al final del documento, también se puede ver en la figura 34 la esquema unifilar de la planta. Se observa que las horas equivalentes en las que las placas funcionan a potencia máxima alcanzan 1176.3 kWh/kWp, y un Performance Ratio (PR) de 72.2 %, el cual es considerado bajo. Esta baja eficiencia podría comprometer la rentabilidad del proyecto. Este resultado era esperar por lo comentado en la sección anterior. Se planea eliminar los paneles de menor rendimiento. Aunque esto disminuirá la potencia instalada total, se espera que mejore el rendimiento general de la planta.



Figura 33: Diseño de la instalación. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope

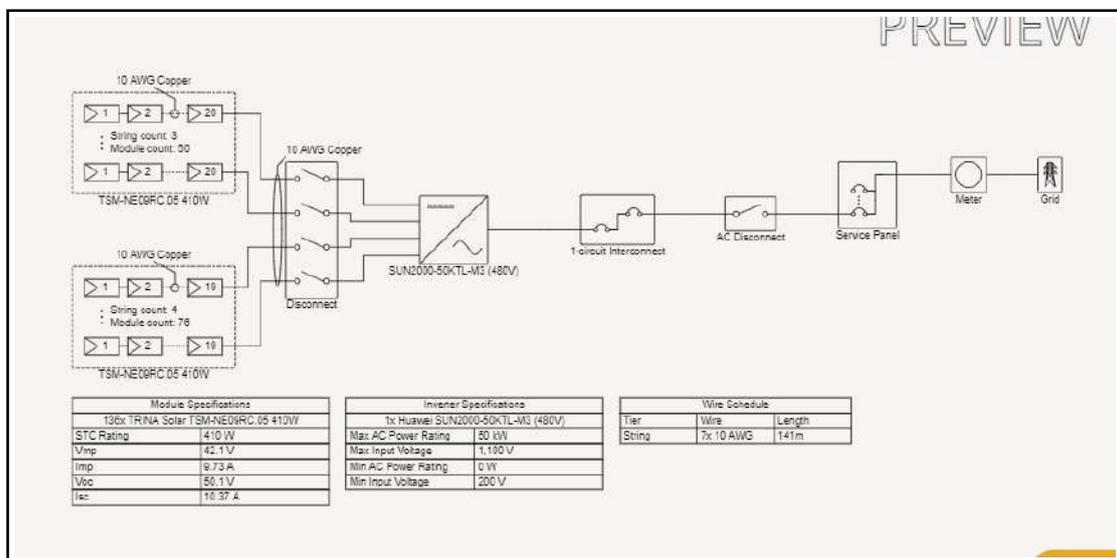


Figura 34: Esquema unifilar. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope

Los paneles que se eliminarán son aquellos orientados hacia el norte, dado que estos reciben menos exposición solar durante el día (ver figuras 35 y 36).

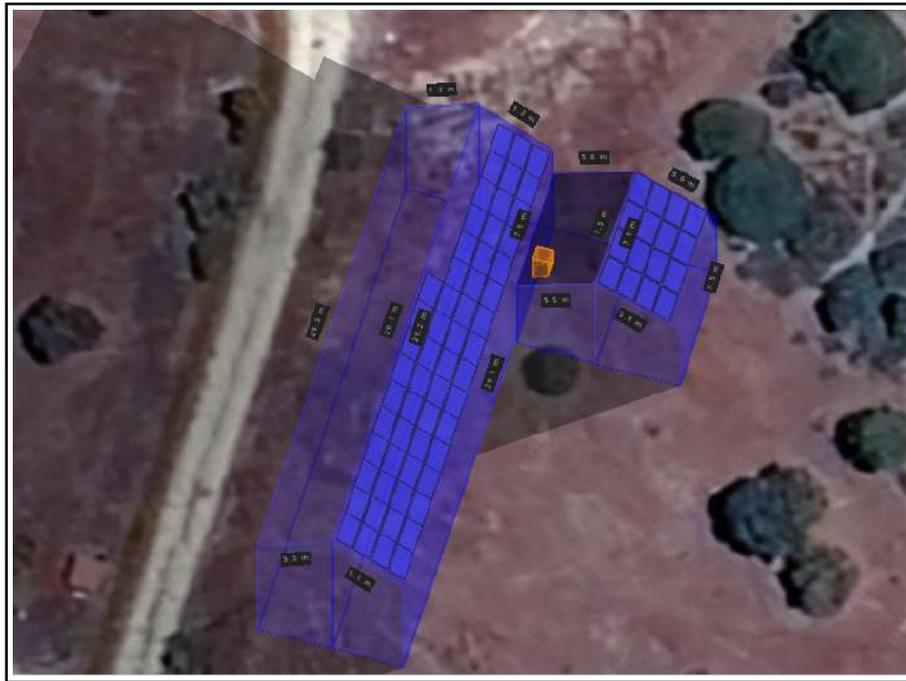


Figura 35: Simulación HelioScope. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope

Esta eliminación reduce la potencia instalada hasta 30 kWp, lo que requiere el cambio del inversor a uno adecuado para la nueva configuración. Se opta por un inversor de la misma marca con una potencia de 27.5 kW de esta forma el DC/AC es de 1,10. Tras realizar la nueva simulación, los resultados mejoran significativamente; las horas equivalentes aumentan hasta 1657.9 kWh/kWp y el Performance Ratio (PR) mejora hasta el 80.1 %.

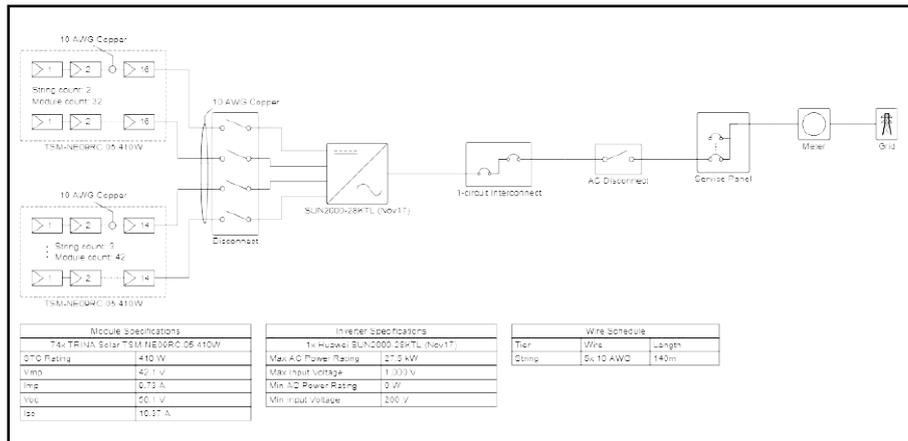


Figura 36: Esquema Unifilar 2. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope

Nota: Los 2 diseños que estamos considerando son viables ya que ambos ofrecen suficiente energía para satisfacer las necesidades de la instalación pero el primero diseño está supredimensionado por lo que no sale rentable econimicamente hablando. En la siguiente figura se ve la diferencias entre los 2 diseños (los paneles rojos son los que tienen rendimientos muy bajo).



Figura 37: Southeastern Angle

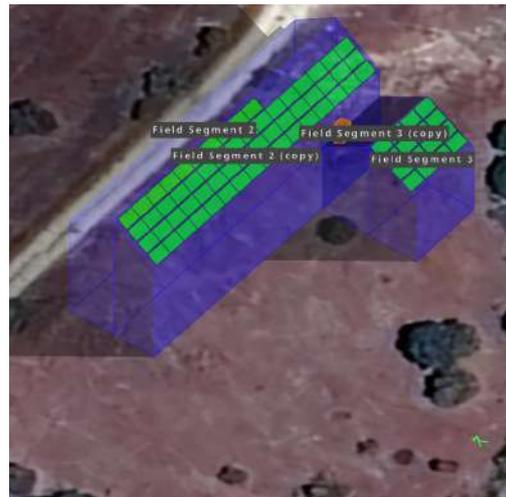


Figura 38: Southwestern Angle

Figura 39: Shading Heatmap Part 1

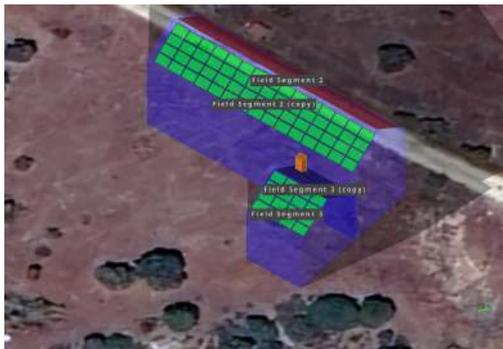


Figura 40: Southeastern Angle



Figura 41: Southwestern Angle

Figura 42: Shading Heatmap Part 2. Fuente: Elaboración Propia en HelioScope

5. resumen del resultado:

Aspecto	Diseño 1	Diseño 2
Potencia instalada	55.8 kW	30.3 kW
Potencia producida anualmente	65.6 MWh	50.33 MWh
Horas equivalentes	1176.3 horas	1657.7 horas
Número de Paneles	136	74
Potencia del inversor	50 kW	27.5 kW

Tabla 8: Comparación entre los dos diseños. Elaboración Propia.

5.5. Conclusiones de las simulaciones

Después de revisar las simulaciones, optamos por la simulación realizada con Helioscope, ya que este software nos da mayor libertad para ajustar la inclinación de cada edificio y decidir en qué parte instalar los paneles.

- **Potencia Instalada:** Se estima una potencia instalada de 30.3 kWp.
- **Producción Anual:** Se espera una producción de 1657.7 kWh/kWp anualmente.
- **Cantidad de Paneles:** La instalación contará con 74 paneles, cada uno con una potencia de 410 W.
- **Superficie Total:** Cada panel tiene unas dimensiones de 2.384 m x 1.134 m, lo que resulta en un área activa total de 200.1 m².

5.6. Dimesnionamiento del sistema

5.6.1. Soportes

Para la instalación fotovoltaica en un tejado inclinado con 74 paneles solares, se han elegido soportes que aseguran la

correcta fijación y orientación de los paneles solares. En particular, se ha optado por el modelo 13V de Sunfer Energy, que permite conectar hasta 6 paneles por soporte y permite una conexión modular con otros soportes.

Característica	Descripción
Modelo	13V
Tipo de Soporte	Inclinación regulable cerrada para cubierta metálica
Ángulo de Inclinación	Regulable de 20 ^o a 35 ^o
Disposición de los Módulos	Vertical
Compatibilidad de Espesor de Módulos	30 a 45 mm
Material del Soporte	Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6
Material de Tornillería	Acero inoxidable A2-70
Capacidad de Resistencia al Viento	Hasta 150 km/h
Capacidad de Carga de Nieve	40 kg/m ²
Kits Disponibles	1 hasta 6 módulos
Herramientas Necesarias	Tornillo presor, tornillo M8, M10, M6.3 (pares de apriete: 7, 20, 40, 10 Nm respectivamente)
Recomendaciones	Verificar el estado y capacidad portante de la cubierta antes de la instalación
Dimensiones de los Módulos	Hasta 2279x1150 mm (Sistema Kit), hasta 2400x1350 mm (Sistema PS)

Tabla 9: Características del Soporte Modelo 13V de Sunfer Energy. Elaboración Propia

Características de los Soportes Los soportes deben cumplir con las siguientes características:

- **Material:** Los soportes pueden ser de aluminio o acero galvanizado.
- **Resistencia a la Corrosión:** Garantía anticorrosión para asegurar la durabilidad de los soportes en exteriores.

- **Modularidad:** Capacidad de conectar múltiples soportes entre sí para adaptarse al número de paneles.

Cálculo y Distribución de Soportes Para la instalación de los 74 paneles solares, se requieren:

$$\left\lceil \frac{74}{6} \right\rceil = 13 \text{ soportes}$$

Este cálculo asegura que los paneles están correctamente inclinados y fijados para maximizar la captación de energía solar y garantizar la seguridad estructural.

5.6.2. Cableado:

El cableado de una instalación fotovoltaica, se encarga de conectar todos los componentes eléctricos de la misma. Este cableado se divide en dos tramos principales:

- **Tramo de corriente continua (CC):** Este tramo conecta los paneles solares con la entrada del inversor. De forma que los conductores de este tramo sean capaces de soportar las condiciones ambientales más críticas, ya que están expuestos a la intemperie.
- **Tramo de corriente alterna (CA):** Este tramo conecta todos los elementos desde la salida del inversor hasta el punto de consumo.

Los conductores empleados en ambos tramos deben ser capaces de soportar diversas condiciones adversas, tales como la humedad, las temperaturas extremas, la radiación solar y los impactos físicos. Esto asegura que la instalación funcione de manera óptima y segura, protegiendo tanto el equipo como a las personas que interactúan con él.

Todo el cableado de corriente continua es de doble aislamiento y tiene una tensión de aislamiento de 1 kV, lo que lo hace adecuado para su uso al aire libre, al aire o enterrado, conforme a la norma UNE 21123. Según el punto 5 de la ITC BT-40, **"Los cables de conexión deberán estar dimensionados para una intensidad no inferior al 125 % de la máxima intensidad del generador y**

la caída de tensión entre el generador y el punto de interconexión a la Red de Distribución Pública o a la instalación interior no será superior al 1,5 %, para la intensidad nominal".

Nos vamos a basar en el esquema unifilar del diseño 2 de HelioScope.

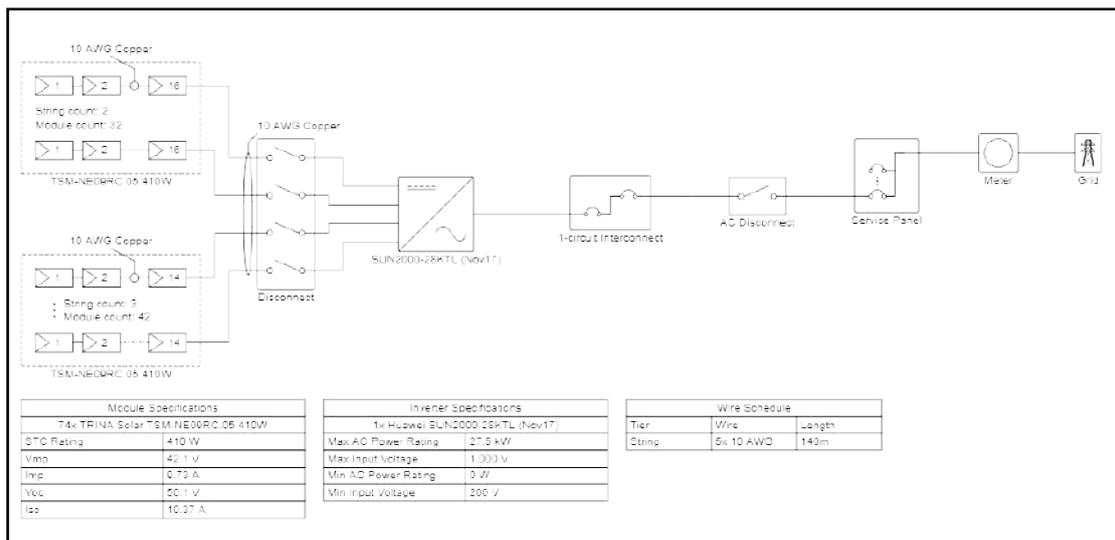


Figura 43: Esquema Unifilar del diseño 2. Fuente: HelioScope

Los paneles fotovoltaicos vienen conectados con un cable de 10 AWG³ de cobre. Dichos cables soportan una temperatura de hasta 90°C. .

$$e = 2 \cdot I \cdot L \cdot \frac{\rho}{S} \quad (13)$$

donde:

³AWG: El sistema AWG en cables eléctricos significa American Wire Gauge, que equivale a aproximadamente 6 mm².

e : caída de tensión (V);
 I : corriente eléctrica (10.37 A);
 L : longitud del conductor (140 m);
 ρ : resistividad del cobre a una temperatura T ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$);
 S : sección transversal del cable (mm^2).

Para $T= 90^\circ\text{C}$ se calcula la resistividad del cobre.

$$\rho_T = \rho_{20} \cdot [1 + \alpha \cdot (T - 20)] \quad (14)$$

donde:

ρ_T : resistividad del cobre a una temperatura T ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$);
 ρ_{20} : resistividad del cobre a 20°C , $0.01786 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$;
 α : coeficiente de temperatura, $0,00393^\circ\text{C}^{-1}$.

Teniendo en cuenta que el número de paneles por cadena es de 16 o 14 y habiendo 5 cadenas con una longitud de 140 m, la caída máxima de tensión será del 1.02 %, lo que es menor que el 1.5 % y cumple con la normativa. Otra forma equivalente para comprobar si la sección del cable cumple con la normativa es calcular la sección mínima necesaria para tener una caída máxima del 1.5 %. En este Caso, la distancia media desde la ubicación de los módulos fotovoltaicos hasta las entradas al sistema generador es de 140,00 metros. Con

este dato, la cantidad de módulos conectados en serie y el número de series en paralelo, se determina la sección que debe de tener el cable para no exceder la caída de tensión en este tramo, que es de 1,5%. La fórmula utilizada se deduce de las fórmulas que se exponen en la “Guía técnica de aplicación “Cálculo de las caídas de tensión” Anexo 2 [8].

$$S_{\text{mín1}} = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\gamma \cdot e \cdot U} = \frac{2 \cdot L_{\text{tramo1}} \cdot N_p \cdot I_{\text{cc máx}}}{56 \cdot e_1 \cdot N_s \cdot V_{\text{oc máx}}} \quad (15)$$

donde:

- $S_{\text{mín1}}$ es la sección mínima que sería necesaria para no superar la caída de tensión establecida en mm^2 .
- L_{tramo1} es la longitud media desde las series de módulos fotovoltaicos hasta las entradas del sistema inversor o generador en metros.
- N_p es la cantidad de series en paralelo que van al sistema inversor o generador.
- $I_{\text{cc máx}}$ es la intensidad de cortocircuito máxima de entrada al sistema inversor a la temperatura más desfavorable, $37,60 \text{ }^\circ\text{C}$ en A.
- γ es la conductividad del cobre a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ en m/mm^2 .
- e_1 es la caída máxima admisible para este tramo de la instalación en porcentaje.
- N_s es la cantidad de módulos fotovoltaicos conectados en serie para la serie más desfavorable.
- $V_{\text{oc máx}}$ es la tensión de circuito abierto a la temperatura de $-16,00 \text{ }^\circ\text{C}$ en V.

$$S_{\text{mín}} = \frac{2 \cdot 140,00 \cdot 1,00 \cdot 10,37}{56 \cdot 0,015 \cdot 14 \cdot 50,1} = 4,92 \text{ mm}^2$$

Se comprueba que la sección de cable 6 mm^2 cumple con la normativa ITC-BT-40.

5.6.3. Protecciones

Tanto en el tramo de corriente continua como en el de corriente alterna de una instalación fotovoltaica, es imprescindible contar con protecciones que aseguren la seguridad de todo el sistema en todo momento y obviamente la seguridad de las personas que manipulan los equipos:

Protecciones en corriente continua (CC) Estas protecciones están creadas con el fin de resguardar tanto los módulos fotovoltaicos como el cableado de corriente continua. Es posible emplear fusibles, los cuales consisten en dispositivos compuestos por un alambre metálico que se derrite cuando la corriente supera cierto nivel, de modo que protege cada bucle contra excesos de intensidad. Otra opción es utilizar disyuntores magnetotérmicos rearmables, que cortan la corriente en caso de exceso de intensidad y no requieren ser reemplazados tras una falla. Aunque no es común, es importante agregar protecciones contra sobretensiones si el inversor no las tiene incorporadas.

Protecciones en corriente alterna (CA) Este tramo incluye protecciones para los aparatos que conforman la instalación, así como protecciones destinadas a evitar daños a la salud de las personas. Generalmente, para la protección contra contactos con las partes activas de la instalación, se emplea un interruptor diferencial, que corta la corriente cuando se produce una desviación de la electricidad. Es común que

el fabricante incluya la protección contra sobretensiones y sobreintensidades en el inversor. De no ser así, se deben colocar elementos que proporcionen la protección adecuada, como interruptores magnetotérmicos, descargadores de sobretensiones o seccionadores de corte.

Inversor Para el inversor de 27.5 kWp, se consideran las siguientes protecciones:

Protección contra Sobrecorrientes

- **Interruptor Automático de Corriente Continua (DC):** Instalado entre el campo fotovoltaico y el inversor. Debe estar dimensionado según la corriente máxima del sistema que es **100 A**.
- **Interruptor Automático de Corriente Alterna (AC):** Instalado entre el inversor y el cuadro de distribución principal. Debe estar dimensionado para la corriente nominal del inversor **30 A**.

Protección contra Sobretensiones

- **Protección contra Sobretensiones Transitorias (SPD) en el Lado DC:** Instalado entre el campo fotovoltaico y el inversor. Protege contra picos de voltaje debido a rayos o maniobras en la red.
- **Protección contra Sobretensiones Transitorias (SPD) en el Lado AC:** Instalado entre el inversor y el cuadro

de distribución principal. Protege los equipos eléctricos conectados contra picos de voltaje.

Protección Diferencial

- **Interruptor Diferencial:** Instalado en el lado AC, entre el inversor y el cuadro de distribución. Protege contra posibles fugas de corriente, minimizando el riesgo de electrocución.

Protección contra Cortocircuitos

- **Fusibles de DC:** Instalados en serie con cada string de paneles solares, protegen contra cortocircuitos en los módulos fotovoltaicos.
- **Fusibles de AC:** Instalados en el lado AC para proteger el inversor y otros equipos conectados.

Puesta a Tierra

- **Sistema de Puesta a Tierra:** Todo el sistema debe estar correctamente aterrizado. Esto incluye los paneles solares, el inversor y las estructuras de soporte. La puesta a tierra protege contra fallos eléctricos y descargas atmosféricas.

Para el diseño e instalación de las protecciones, se deben seguir los siguientes reglamentos y normativas:

Reglamentos

- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT):** Incluyendo la **Instrucción Técnica Complementaria ITC-BT-40**, específica para instalaciones generadoras de baja tensión.
- **Código Técnico de la Edificación (CTE):** Documento Básico HE 5 (DB HE5) sobre Generación mínima de energía eléctrica.

Normativas

- **UNE 206007-1 IN:2013 IN y UNE 206007-2:2014 IN:** Normativas específicas para instalaciones solares fotovoltaicas.
- **UNE-EN 50549-1:2019:** Requisitos para la conexión a la red de sistemas generadores en paralelo con la red de distribución.
- **UNE-EN 62109-1:2010 y UNE-EN 62109-2:2011:** Normas de seguridad aplicables a los inversores fotovoltaicos y otros equipos de conversión de energía.

6. Resumen del Proceso de Diseño del Proyecto Fotovoltaico

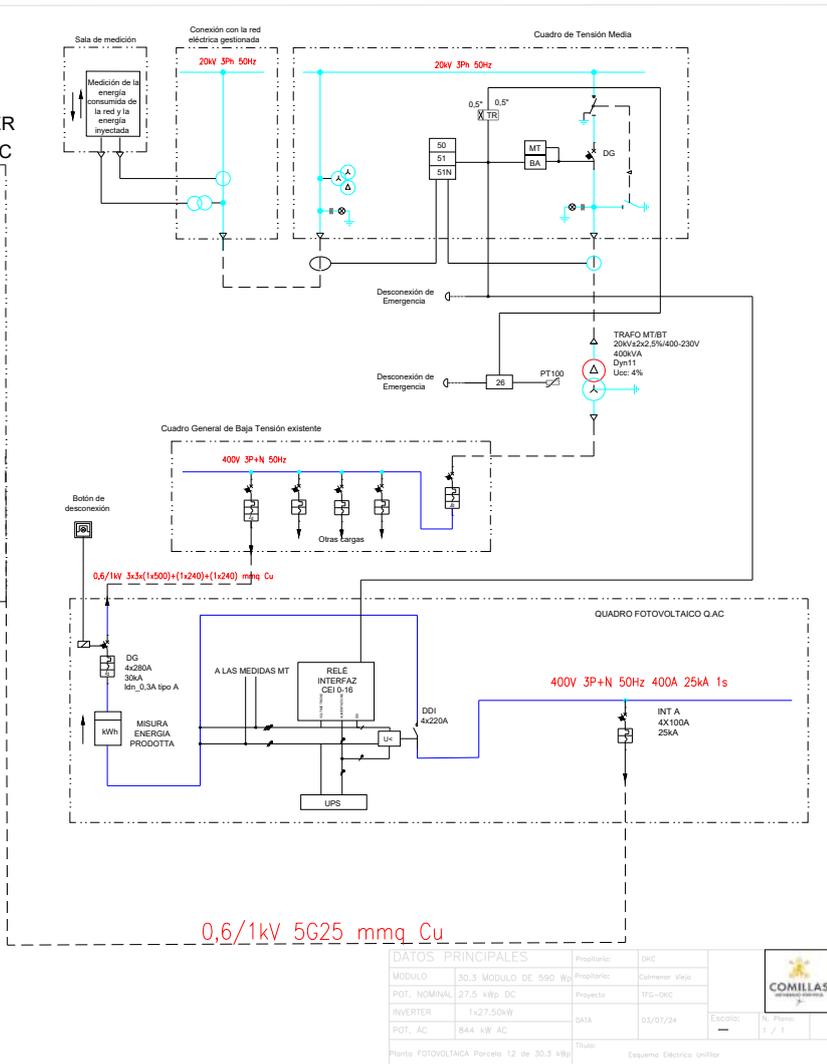
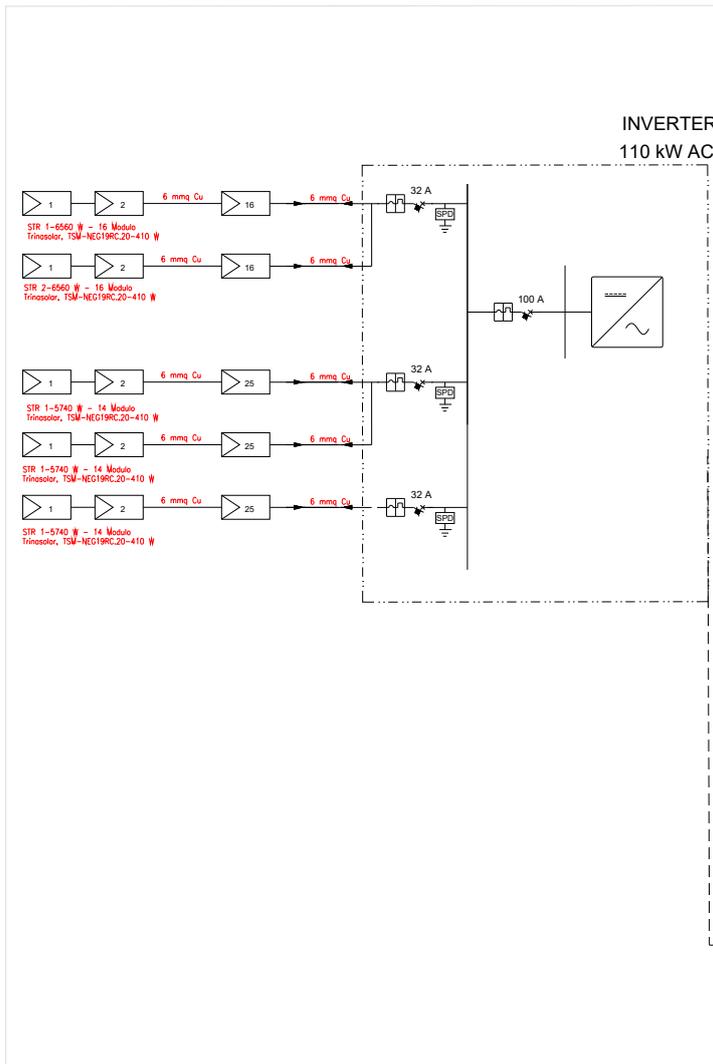
Después de revisar los resultados de las simulaciones preliminares y las simulaciones de la planta, y tras tratar de

hacer un dimensionamiento adecuado, se resume todo el proceso de diseño en los siguientes pasos:

1. **Selección del terreno:** El paso más importante de cualquier proyecto fotovoltaico es la elección del terreno. Sin un terreno adecuado, no se puede hacer nada.
2. **Acceso a la red:** Verificar si es posible acceder a la red. Este paso es igualmente importante que el primero, pero no se pueden solicitar permisos para acceder a la red sin tener un terreno.
3. **Preingeniería:** Realizar estudios de topografía, impacto medioambiental, análisis de radiación solar, etc.
4. **Solicitar Autorización Administrativa Única (AAU):** Hasta aquí, estos pasos son comunes para casi todos los proyectos de autoconsumo.
5. **Simulaciones preliminares:** En nuestro caso, después de hacer el análisis solar, procedemos a hacer las simulaciones preliminares. Fijando una potencia nominal de 30 kW, obtenemos un resultado preliminar de 94 paneles tipo Trina Solar.
6. **Simulación con PVsyst:** Realizamos una simulación más detallada con PVsyst, obteniendo un resultado más preciso de **72 paneles** con una potencia de **29.52 kWp**, distribuidos en 4 cadenas de 18 paneles cada una, con un área activa de **146 m²**.

7. **Simulación con HelioScope:** Realizamos otra simulación con HelioScope para comparar los resultados, obteniendo un resultado más preciso y seguro con **74 paneles** y una potencia instalada de **30.3 kWp**, distribuidos en 2 cadenas de 16 paneles y 3 cadenas de 14 paneles. Ambas simulaciones son correctas, pero se opta por usar la de HelioScope ya que es más fácil de manejar y más rápida.
8. **Dimensionamiento final:** Una vez tenemos todo esto, procedemos a hacer el dimensionamiento final, eligiendo los soportes, cables y asegurándonos de que el inversor elegido es el adecuado y cumple con todas las normativas de protecciones.

Con todo esto, se finaliza este capítulo con un esquema unifilar hecho con AutoCAD, de elaboración propia, que refleja todo el dimensionamiento.



6.1. Resumen del Esquema Unifilar

El anterior documento resume el esquema unifilar de una planta fotovoltaica con una capacidad de generación de 30.3 kWp. Este esquema muestra los principales componentes eléctricos de la instalación, así como sus interconexiones.

6.1.1. Dispositivos de Desconexión (DDI)

Permiten la desconexión de la planta fotovoltaica en caso de emergencia o para realizar mantenimiento. Existen dispositivos especificados para 220A y 280A.

6.1.2. Relé de Interfaz (CEI 0-16)

Actúan como dispositivos de protección, monitoreando y desconectando el sistema en caso de fallos eléctricos.

6.1.3. Sistema de Alimentación Ininterrumpida (UPS)

Proporciona energía de respaldo para asegurar que el sistema continúe funcionando en caso de una interrupción en el suministro eléctrico principal o sea los paneles fotovoltaico.

6.1.4. Dispositivo de Protección General (DG)

Protege el sistema contra sobrecargas y cortocircuitos, con capacidades de 280A y una capacidad de interrupción de 30kA.

6.1.5. Tablero Fotovoltaico (Q.AC)

Controla y distribuye la energía generada por los paneles solares. Incluye botones de desconexión y medidores de ener-

gía producida.

6.1.6. Transformador de Media Tensión/Baja Tensión (MT/BT)

Transforma el voltaje de media tensión (20kV) a baja tensión (400-230V) para su uso en la red o en instalaciones específicas. La capacidad del transformador es de 400kVA.

6.1.7. Sala de Medición

Mide tanto la energía consumida como la inyectada a la red, permitiendo un monitoreo preciso del rendimiento del sistema.

6.1.8. Conexión con la Red Eléctrica

Facilita la inyección de energía generada en la planta fotovoltaica a la red eléctrica general, asegurando una correcta gestión y distribución.

6.1.9. Interruptores Automáticos (INT A)

Permiten la protección y el control del flujo de corriente en el sistema, con una capacidad de 100A y una capacidad de interrupción de 25kA.

6.1.10. Inversores (INVERTER)

Convierte la corriente continua (DC) generada por los paneles solares en corriente alterna (AC), que es la forma de energía utilizada en la mayoría de las aplicaciones residenciales e industriales. La capacidad de los inversores es de 110 kW AC.

7. Evaluación Económica

En este capítulo, se definirá la inversión necesaria para llevar a cabo la instalación solar fotovoltaica conectada a la red. Se excluye de la evaluación económica todo el capital gastado en la compra del terreno y la construcción de la vivienda y la nave, ya que estos gastos no dependen del proyecto.

Nota:El cálculo de cada presupuesto se ha realizado utilizando el generador de precios de CYPE31 [11] para determinar de una forma más realista el presupuesto

7.1. Instalación fotovoltaica

Esta instalación solar fotovoltaica, inclinada en el tejado de la instalación y conectada a la red, incluye los siguientes componentes:

- **Bienes de equipo:** Paneles fotovoltaicos e inversores.
- **Instalaciones:** Instalación eléctrica y estructuras de fijación de los módulos fotovoltaicos.
- **Obra civil:** Construcción de la caseta para el inversor y trabajos de obra civil para la conexión a la red.
- **Diseño y autorizaciones:** Proyecto y dirección de obra, seguros, impuestos y gastos generales.

7.2. Plazos de amortización y viabilidad económica

Después de verificar la viabilidad técnica, ahora se quiere comprobar la viabilidad económica del proyecto. Para ello, es esencial mencionar dos términos importantes en cualquier proyecto a nivel financiero: **CAPEX** y **OPEX**.

- **CAPEX (Capital Expenditure)**: Se refiere a los gastos de capital incurridos para adquirir, mejorar o mantener activos físicos como edificios, maquinaria o equipos.
- **OPEX (Operational Expenditure)**: Se refiere a los gastos operativos recurrentes necesarios para mantener el funcionamiento del sistema. Por ejemplo en una fábrica el gasto energético y los sueldos de los empleados se incluyen en el OPEX.

Nota: En esta instalación, se prevé la instalación de una caseta prefabricada para proteger los inversores y los cuadros de protección de posibles intrusiones, saliendo de esta una zanja para el cableado que lo conectará con la centralización de contadores. Además, se opta por un Peine antipájaros para evitar fallos externos de este tipo. A continuación se presenta el presupuesto para esta instalación.

Descripción	Unidad	Cantidad	Precio unit	Importe
Derivación individual generación fotovoltaica	m/Ud	1	€ 3,644.70	€ 3,644.70
Módulo Trina- Solar TSM-NEG19RC.20	Ud	74	€ 180.00	€ 13,320.00
Soporte para módulo solar Sunfer 13V	Ud	13	€ 150.00	€ 1,950.00
Cable Solar 6mm2 H1Z2Z2-K	m	140	€ 0.69	€ 96.60
Inversor Huawei Sun2000-27.5KTL- M3 Trifásico	Ud	1	€ 4,000.00	€ 4,000.00
Peine antipájaros	Ud	74	€ 10.78	€ 797.72
Caseta de hormigón prefabricada 2,00m x 2,50mx 2,50m	Ud	1	€ 2,325.00	€ 2,325.00
Retroexcavadora mixta de 80 CV	h	0.5	€ 23.50	€ 11.75
Dumper de descarga frontal de 2 t de carga útil	h	8	€ 10.38	€ 83.04
Bandeja vibrante de guiado manual, de 300 kg	h	16.5	€ 7.16	€ 118.14
Camion cisterna, de 8 m ³ de capacidad	h	1.1	€ 118.90	€ 130.79
Camion basculante de 12 t de carga, de 162 kW	h	1.65	€ 44.99	€ 74.23
Grua móvil autopropulsada de 25 t	h	0.5	€ 72.50	€ 36.25
Peón ordinario construcción	h	20	€ 20.10	€ 402.00
Oficial 1 ^a electricista	h	100	€ 88.00	€ 8,800.00
Ayudante electricista	h	95	€ 81.20	€ 7,714.00
Costes directos complementarios (%)	%	2	€ 43,504.22	€ 870.08

Tabla 10: Costes de la instalación de generación fotovoltaica, Elaboración Propia

Descripción	Importe
Subtotal materiales:	€ 26,134.02
Subtotal equipo y maquinaria:	€ 454.20
Subtotal mano de obra:	€ 16,916.00
Coste total	€ 44,374.31

Tabla 11: Desglose de costes para la instalación de generación fotovoltaica. Elaboración Propia

El coste de la instalación fotovoltaica de 30 kWp es de 44374 euros y se estima un periodo de realización de 100 horas.

En nuestro caso, el terreno ya ha sido comprado previamente y se desea aprovechar este terreno para ahorrar energía. Por lo tanto, el **CAPEX** del proyecto asciende a 44.374,31 euros. Además, hay que considerar los costes indirectos, que no forman parte permanente de las infraestructuras, pero son necesarios para completar el proyecto, como los costes de administración o las tareas de ingeniería.

Los costes indirectos se estiman en 870 euros, y se añade una parte adicional del 25 % de estos costes indirectos:

$$\text{Costes Indirectos Adicionales} = 0,25 \times 870 \text{ €} = 217,50 \text{ €} \quad (16)$$

$$\text{CAPEX Total} = 44,374,31 \text{ €} + 217,50 \text{ €} = 4,591,81 \quad (17)$$

El **OPEX** anual, que incluye los costes de operación y mantenimiento, se estima en el 1 % del CAPEX [37]:

$$OPEX \text{ anual} = 0,01 \times 44,374,31 \text{ €} = 443,74 \text{ €/año} \quad (18)$$

- **Producción anual de energía:** 43,800 kWh/año (asumiendo 30 kW × 4 horas/día × 365 días)
- **Coste de la electricidad:** 0,15 €/kWh

$$\text{Ahorro Anual} = 43,800 \text{ kWh} \times 0,15 \text{ €/kWh} = 6,570 \text{ €/año} \quad (19)$$

$$\begin{aligned} \text{Plazo de Amortización} &= \frac{\text{CAPEX Total}}{\text{Ahorro Anual} - \text{OPEX Anual}} \\ &= \frac{44,591,81 \text{ €}}{6,570 \text{ €/año} - 443,74 \text{ €/año}} \\ &\approx 7,20 \text{ años} \end{aligned} \quad (20)$$

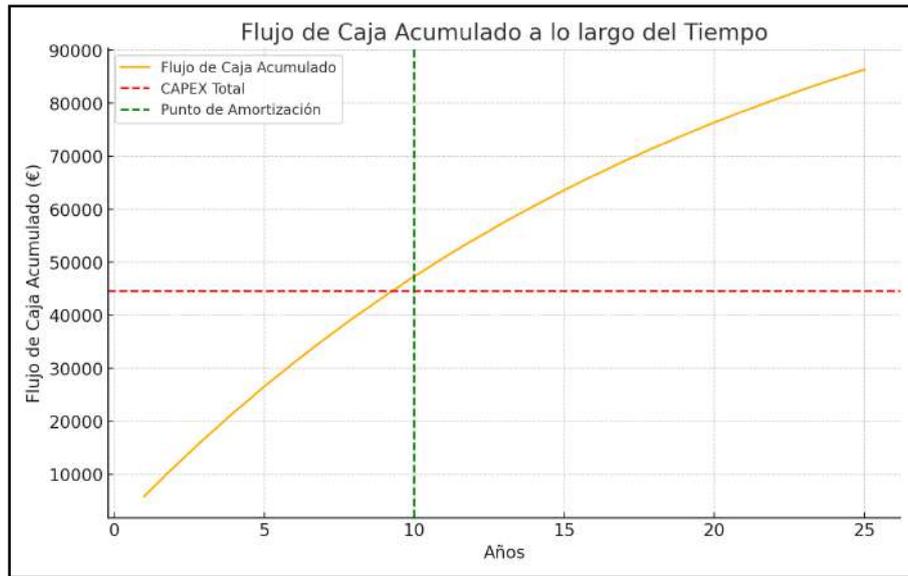


Figura 44: Flujo de Caja Acumulado a lo largo del Tiempo.[Elaboración propia]

Usamos una tasa de descuento del 5% y una vida útil del proyecto de 25 años para calcular el VAN [30].

$$VAN = \sum_{t=1}^N \frac{FC_t}{(1+i)^t} - INV \quad (21)$$

Donde:

- FC_t = Ahorro Anual – OPEX Anual: Flujo de caja anual neto.
- $i = 0,05$: Tasa de descuento.
- $N = 25$: Vida útil del proyecto (en años).
- $INV = 44,591,81 \text{ €}$: Inversión inicial total (CAPEX Total).

$$FC_t = 6,570 \text{ €/año} - 443,74 \text{ €/año} = 6,126,26 \text{ €/año} \quad (22)$$

$$VAN = 6,126,26 \text{ €} \times \left(\frac{1 - (1 + 0,05)^{-25}}{0,05} \right) - 44,591,81 \text{ €} \quad (23)$$

$$VAN = 41751,3588$$

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea cero.

$$0 = \sum_{t=1}^N \frac{6,126,26 \text{ €}}{(1 + TIR)^t} - 44,591,81$$

7.3. Resumen

y para finalizar la evaluación resulta interesante la siguiente gráfica

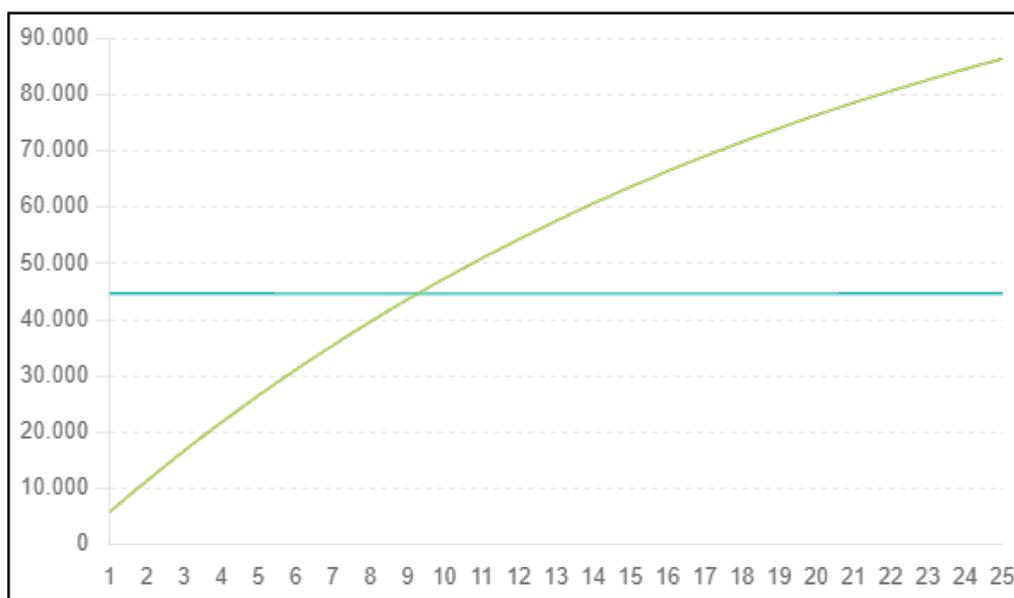


Figura 45: Proyección Temporal de Costes y Beneficios del Proyecto.[Elaboración propia]

El punto de intersección entre las líneas de Beneficio agregado y Presupuesto agregado representa el punto de amortización del proyecto. Este es el momento en el tiempo en el que los beneficios acumulados igualan a la inversión inicial total.

- **CAPEX Total:** 44.591,81 €
- **OPEX Anual:** 443,74 €/año
- **Ahorro Anual:** 6.570 €/año
- **Plazo de Amortización:** 7,20 años
- **VAN:** 41.695,39 €
- **TIR:** Aprox 15 %

8. Desarrollos Futuros

Este proyecto es ideal para fomentar el uso de energía renovable, ya que la parcela todavía no está edificada, lo cual facilita significativamente el diseño de la infraestructura. Algunos desarrollos futuros podrían ser:

- **Evaluación del aprovechamiento de la energía eólica:** Dado que hay una amplia área disponible y una buena ubicación, se podría considerar la instalación de aerogeneradores para aprovechar el potencial eólico.
- **Evaluación del aprovechamiento de la energía geotérmica:** Esta fuente de energía podría ser muy interesante en este caso, debido a las características del terreno y las condiciones ambientales.
- **Desarrollo de biomasa:** Considerando que la parcela tendrá un uso agropecuario, sería muy interesante estudiar el desarrollo de la biomasa, aprovechando los residuos orgánicos generados por los animales. Esto permitiría no solo la producción de energía, sino también la creación de un huerto biológico utilizando los subproductos.
- **Creación de un ecosistema sostenible:** Finalmente, se podría agrupar todas estas iniciativas para crear un ecosistema 100 % sostenible y verde, combinando energía solar, eólica, geotérmica y biomasa para lograr una

producción energética diversificada y respetuosa con el medio ambiente.

Para finalizar, en el siguiente capítulo se estudiará la alineación de los objetivos de este proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

9. Relación entre los ODS y la Energía Solar

En inglés, las siglas SDGs (Sustainable Development Goals) son empleadas para hacer referencia a los Objetivos de Desarrollo Sostenible. En el 2015, las Naciones Unidas introdujeron la Agenda 2030 que abarca un conjunto de metas globales conocido como los Objetivos de Desarrollo Sostenible, compuesto por 17 objetivos. Estos objetivos tienen como fin atender los problemas más apremiantes a nivel mundial, tales como la pobreza, desigualdad, cambio climático y destrucción del medio ambiente ; al mismo tiempo se busca promover tanto la paz como la justicia.

La energía solar se relaciona de manera significativa con varios de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), contribuyendo a la consecución de metas específicas dentro de estos objetivos. A continuación, se detallan las principales conexiones entre la energía solar y los ODS:

9.1. ODS 7: Energía asequible y no contaminante

Garantizar el acceso a una energía asequible, fiable, sostenible y moderna para todos.

- **Contribución de la energía solar:** La energía solar es una fuente de energía renovable y sostenible que puede proporcionar electricidad asequible y limpia, especialmente en áreas remotas y rurales donde las redes eléctricas tradicionales no llegan. Con la implementación de paneles solares se consigue reducir la dependencia de combustibles fósiles y disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero.



Figura 46: Energía asequible y no contaminante. Fuente: Naciones Unidas

9.2. ODS 13: Acción por el clima

Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos.

- **Contribución de la energía solar:** Al ser una fuente de energía renovable, la energía solar no emite gases de efecto invernadero durante su operación. La adopción de la energía solar **reduce la huella de carbono y**

ayuda a mitigar el cambio climático, promoviendo un desarrollo más sostenible.



Figura 47: Acción por el clima. Fuente: Naciones Unidas

9.3. ODS 3: Salud y bienestar

Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades.

- **Contribución de la energía solar:** La energía solar contribuye a mejorar la calidad del aire al reducir la quema de combustibles fósiles, que son responsables de la contaminación del aire. Esto, a su vez, disminuye las enfermedades respiratorias.



Figura 48: Salud y bienestar. Fuente: Naciones Unidas

9.4. ODS 9: Industria, innovación e infraestructura

Construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible y fomentar la innovación.

- **Contribución de la energía solar:** La energía solar impulsa la innovación tecnológica y el desarrollo de infraestructuras sostenibles. Las inversiones en energía solar pueden fomentar la creación de nuevas industrias y puestos de trabajo, promoviendo un crecimiento económico inclusivo y sostenible.



Figura 49: Industria, innovación e infraestructura. Fuente: Naciones Unidas

9.5. ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles

Lograr que las ciudades y los asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles.

- **Contribución de la energía solar:** La integración de sistemas solares en edificios y espacios públicos puede hacer que las ciudades sean más sostenibles. La energía solar puede alimentar alumbrado público, sistemas de transporte y viviendas, mejorando la resiliencia y sostenibilidad de las comunidades urbanas.



Figura 50: Ciudades y comunidades sostenibles. Fuente: Naciones Unidas

9.6. ODS 12: Producción y consumo responsables Garantizar modalidades de consumo y producción sostenibles.

- **Contribución de la energía solar:** La adopción de la energía solar promueve un consumo y una producción más responsables al reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables y fomentar el uso de recursos naturales de manera sostenible.



Figura 51: Producción y consumo responsables. Fuente: Naciones Unidas

9.7. ODS 1: Fin de la pobreza

Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo.

- **Contribución de la energía solar:** La energía solar proporciona electricidad a comunidades empobrecidas, mejorando su acceso a servicios básicos como educación, salud y comunicación. Esto puede tener un impacto significativo en la reducción de la pobreza y el mejoramiento de la calidad de vida.



Figura 52: Fin de La Pobreza. Fuente: Naciones Unidas

9.8. ODS 8: Trabajo decente y crecimiento económico

Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo, y el trabajo decente para todos.

- **Contribución de la energía solar:** La industria solar crea oportunidades de empleo en la fabricación, instalación y mantenimiento de sistemas solares. Esto promue-

ve el crecimiento económico y ofrece empleos sostenibles y decentes.



Figura 53: Trabajo decente y crecimiento económico. Fuente: Naciones Unidas

Anexo de Informes

A. Pvsyst

A continuación se adjunta el informe 1 del proyecto de PVsyst

PVsyst - Simulation report

Grid-Connected System

Project: Colmenar Viejo

Variant: Nueva variante de simulación

No 3D scene defined, no shadings

System power: 29.52 kWp

San Agustín del Guadalix - Spain



PVsyst V7.4.1

VC0, Simulation date:
 28/06/24 19:58
 with v7.4.1

Project summary

Geographical Site
 San Agustín del Guadalix
 Spain

Situation
 Latitude 40.68 °N
 Longitude -3.67 °W
 Altitude 837 m
 Time zone UTC+1

Project settings
 Albedo 0.20

Meteo data

San Agustín del Guadalix
 Meteonorm 8.1 (1996-2015), Sat=77% - Sintético

System summary

Grid-Connected System

No 3D scene defined, no shadings

PV Field Orientation

Fixed plane
 Tilt/Azimuth 35 / 180 °

Near Shadings

No Shadings

User's needs

Unlimited load (grid)

System information

PV Array

Nb. of modules 72 units
 Pnom total 29.52 kWp

Inverters

Nb. of units 1 unit
 Pnom total 25.00 kWac
 Pnom ratio 1.181

Results summary

Produced Energy 26007 kWh/year Specific production 881 kWh/kWp/year Perf. Ratio PR 83.40 %

Table of contents

Project and results summary	2
General parameters, PV Array Characteristics, System losses	3
Main results	4
Loss diagram	5
Predef. graphs	6
Single-line diagram	7



PVsyst V7.4.1

VC0, Simulation date:
 28/06/24 19:58
 with v7.4.1

General parameters

Grid-Connected System		No 3D scene defined, no shadings	
PV Field Orientation			
Orientation		Sheds configuration	Models used
Fixed plane		No 3D scene defined	Transposition Perez
Tilt/Azimuth	35 / 180 °		Diffuse Perez, Meteonorm
			Circumsolar separate
Horizon		Near Shadings	User's needs
Free Horizon		No Shadings	Unlimited load (grid)

PV Array Characteristics

PV module		Inverter	
Manufacturer	Generic	Manufacturer	Generic
Model	TSM-DE15H-(II)-410	Model	SUN2000-25KTL-M5-400V
(Original PVsyst database)		(Original PVsyst database)	
Unit Nom. Power	410 Wp	Unit Nom. Power	25.0 kWac
Number of PV modules	72 units	Number of inverters	2 * MPPT 50% 1 unit
Nominal (STC)	29.52 kWp	Total power	25.0 kWac
Modules	4 Strings x 18 In series	Operating voltage	200-1000 V
At operating cond. (50°C)		Max. power (=>30°C)	27.5 kWac
Pmpp	26.92 kWp	Pnom ratio (DC:AC)	1.18
U mpp	690 V	No power sharing between MPPTs	
I mpp	39 A		
Total PV power		Total inverter power	
Nominal (STC)	30 kWp	Total power	25 kWac
Total	72 modules	Number of inverters	1 unit
Module area	146 m ²	Pnom ratio	1.18
Cell area	125 m ²		

Array losses

Thermal Loss factor		DC wiring losses		Module Quality Loss				
Module temperature according to irradiance		Global array res.	292 mΩ	Loss Fraction	-0.8 %			
Uc (const)	20.0 W/m ² K	Loss Fraction	1.5 % at STC					
Uv (wind)	0.0 W/m ² K/m/s							
Module mismatch losses		Strings Mismatch loss						
Loss Fraction	2.0 % at MPP	Loss Fraction	0.2 %					
IAM loss factor								
Incidence effect (IAM): Fresnel, AR coating, n(glass)=1.526, n(AR)=1.290								
0°	30°	50°	60°	70°	75°	80°	85°	90°
1.000	0.999	0.987	0.962	0.892	0.816	0.681	0.440	0.000



PVsyst V7.4.1

VC0, Simulation date:
 28/06/24 19:58
 with v7.4.1

Main results

System Production

Produced Energy 26007 kWh/year

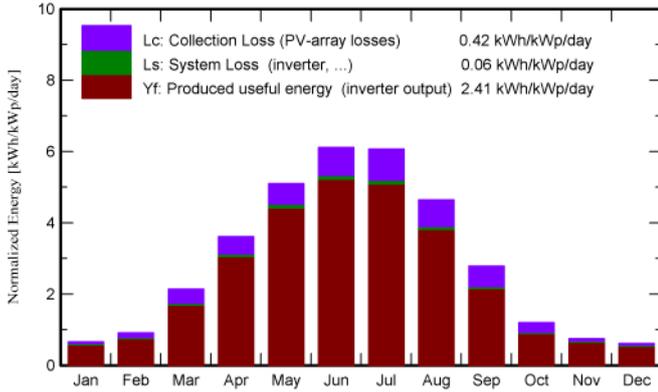
Specific production

881 kWh/kWp/year

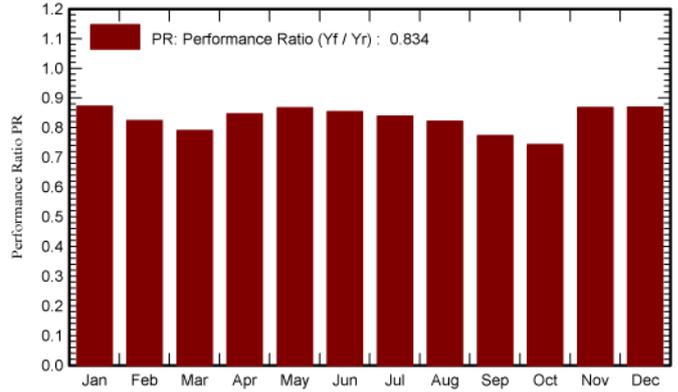
Perf. Ratio PR

83.40 %

Normalized productions (per installed kWp)



Performance Ratio PR



Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	DiffHor kWh/m ²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	EArray kWh
January	61.7	26.62	5.57	20.5	19.8	559
February	84.1	31.23	6.88	25.5	23.0	651
March	135.8	48.95	10.27	66.2	56.1	1593
April	169.4	52.63	12.68	108.2	98.2	2772
May	201.8	72.04	17.59	158.1	150.6	4138
June	221.7	64.31	23.30	183.4	177.1	4725
July	235.8	61.69	26.74	188.1	180.7	4757
August	208.8	56.61	26.21	143.9	133.8	3567
September	156.1	49.34	21.20	83.6	71.9	1961
October	109.7	35.63	15.65	37.1	30.8	848
November	69.0	29.01	9.10	22.5	21.7	606
December	52.8	24.37	6.24	19.1	18.5	520
Year	1707.0	552.43	15.17	1056.3	982.2	26697

Legends

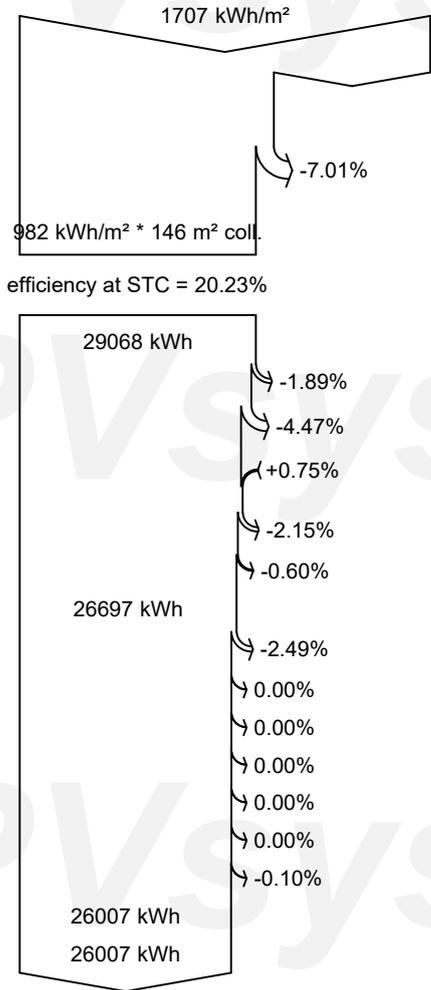
- GlobHor Global horizontal irradiation
- DiffHor Horizontal diffuse irradiation
- T_Amb Ambient Temperature
- GlobInc Global incident in coll. plane
- GlobEff Effective Global, corr. for IAM and shadings
- EArray Effective energy at the output of the array



PVsyst V7.4.1

VC0, Simulation date:
 28/06/24 19:58
 with v7.4.1

Loss diagram



- Global horizontal irradiation**
- 38.12% **Global incident in coll. plane**
- IAM factor on global
- Effective irradiation on collectors**
- PV conversion
- Array nominal energy (at STC effic.)**
- PV loss due to irradiance level
- PV loss due to temperature
- Module quality loss
- Mismatch loss, modules and strings
- Ohmic wiring loss
- Array virtual energy at MPP**
- Inverter Loss during operation (efficiency)
- Inverter Loss over nominal inv. power
- Inverter Loss due to max. input current
- Inverter Loss over nominal inv. voltage
- Inverter Loss due to power threshold
- Inverter Loss due to voltage threshold
- Night consumption
- Available Energy at Inverter Output**
- Energy injected into grid**

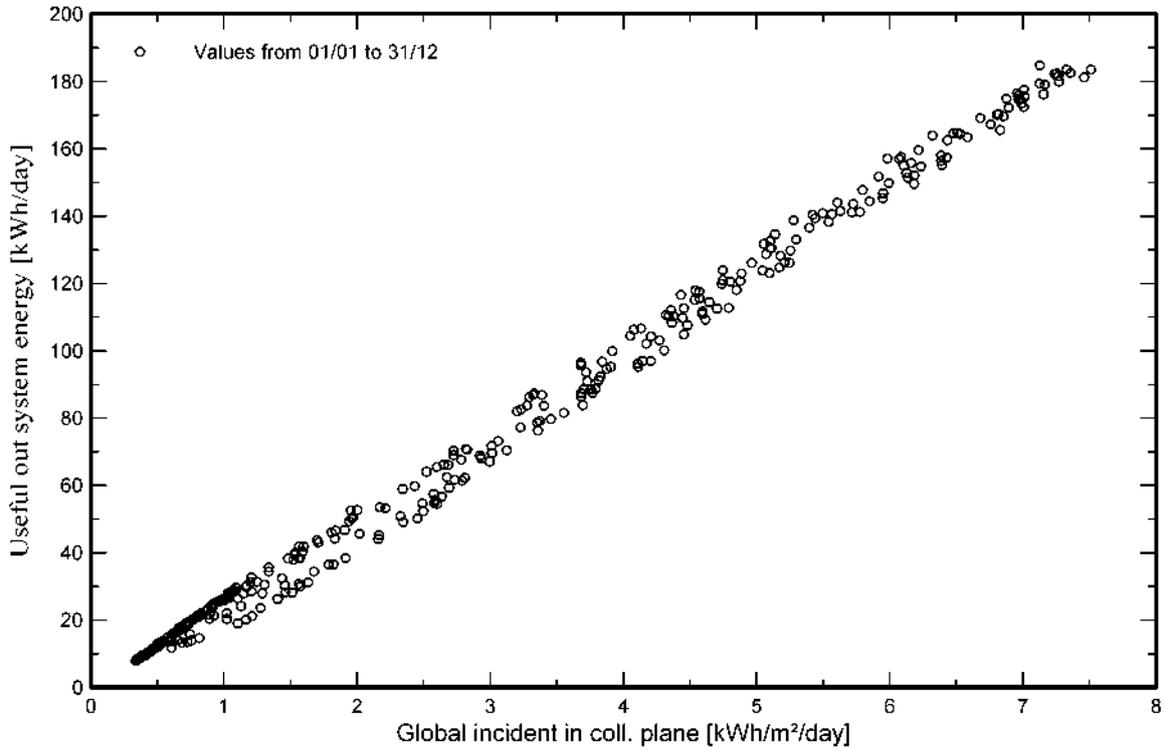


PVsyst V7.4.1

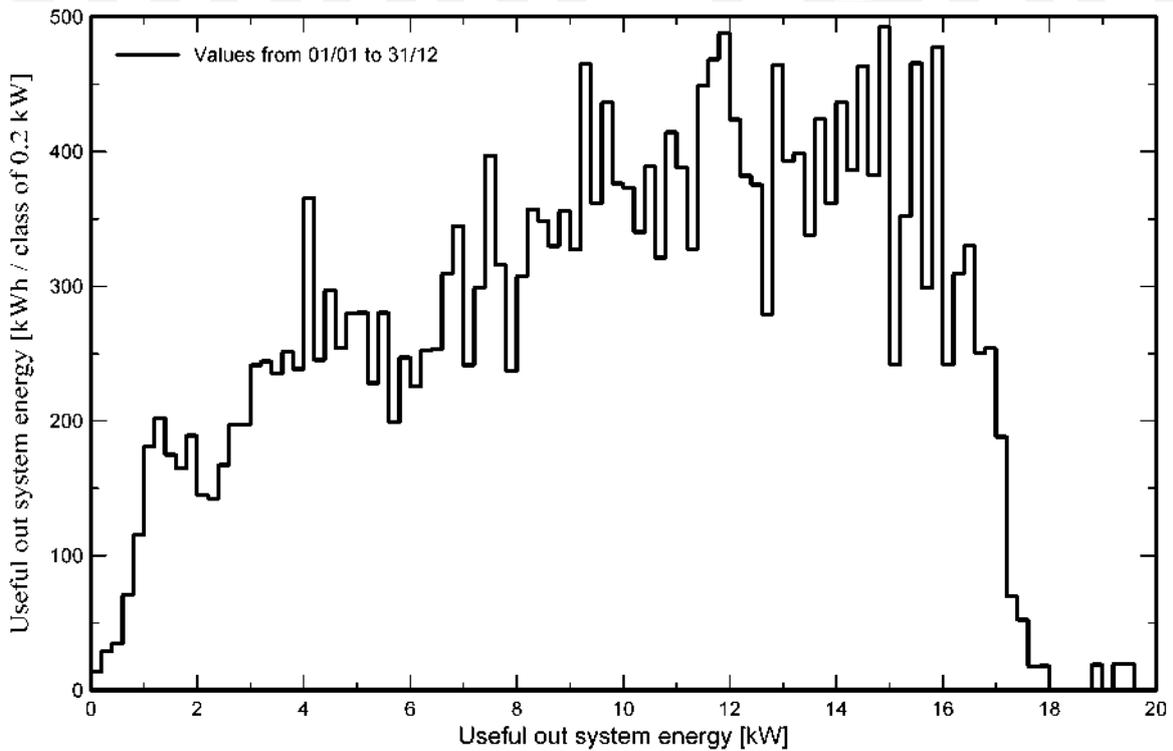
VC0, Simulation date:
28/06/24 19:58
with v7.4.1

Predef. graphs

Diagrama entrada/salida diaria



Distribución de potencia de salida del sistema

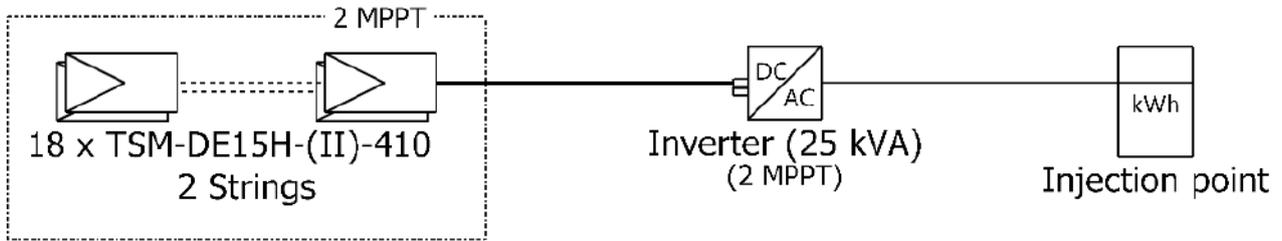




PVsyst V7.4.1

VC0, Simulation date:
28/06/24 19:58
with v7.4.1

Single-line diagram



PV module	TSM-DE15H-(II)-410
Inverter	SUN2000-25KTL-M5-400V
String	18 x TSM-DE15H-(II)-410

Colmenar Viejo

VC0 : Nueva variante de simulación

28/06/24

B. HeliScope

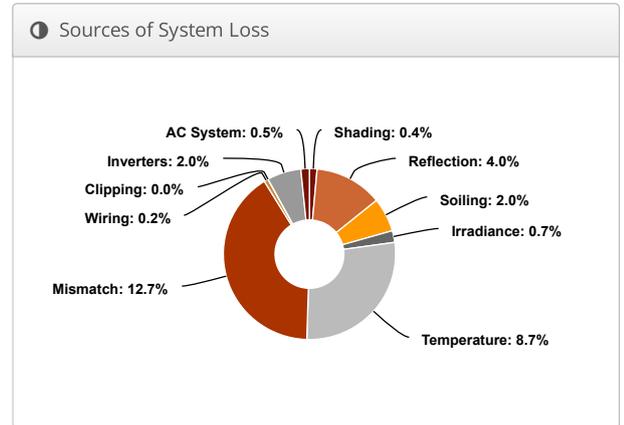
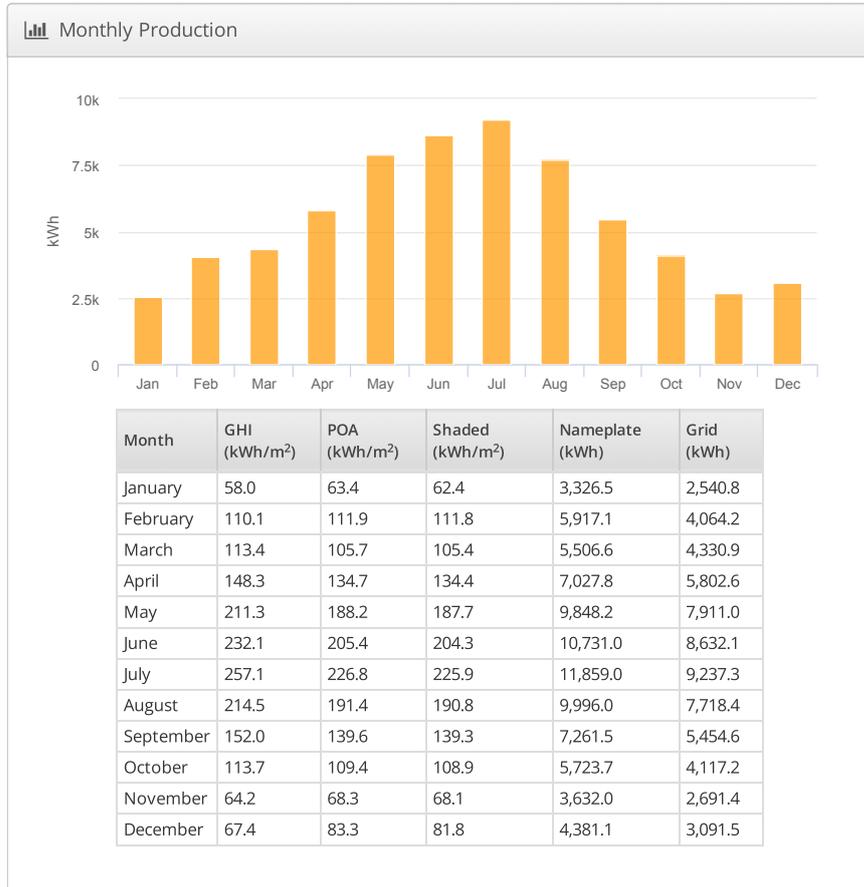
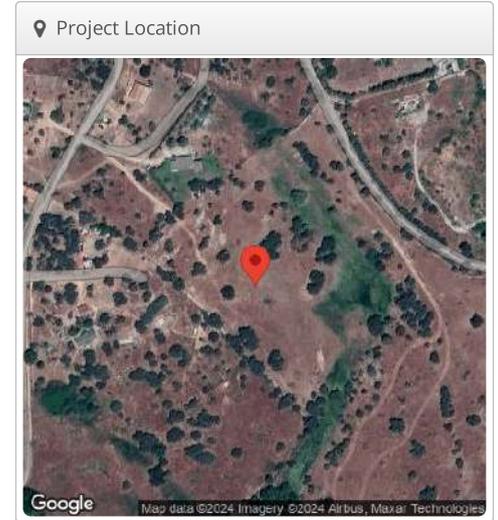
A continuación se adjuntan los informe 1,2 y el datasheet del inversor usado del proyecto de HeliScope

B.1. Informe 1

Design 1 San Agustín del Guadalix, Polígono 8 Parcela 12 CERCA DE LA INFANTA.COLMENAR VIEJO

Report	
Project Name	San Agustín del Guadalix
Project Address	Polígono 8 Parcela 12 CERCA DE LA INFANTA.COLMENAR VIEJO
Prepared By	Laura Mola lmc@eselec.es

System Metrics	
Design	Design 1
Module DC Nameplate	55.8 kW
Inverter AC Nameplate	50.0 kW Load Ratio: 1.12
Annual Production	65.59 MWh
Performance Ratio	72.2%
kWh/kWp	1,176.3
Weather Dataset	TMY, unknown, ECMWF/ERA (custom)
Simulator Version	89cd8b123d-cb447c338c-2ec30d418a-3cb9863853



⚡ Annual Production			
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m ²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,742.2	
	POA Irradiance	1,628.2	-6.5%
	Shaded Irradiance	1,620.9	-0.4%
	Irradiance after Reflection	1,556.1	-4.0%
	Irradiance after Soiling	1,525.0	-2.0%
	Total Collector Irradiance	1,530.1	0.3%
Energy (kWh)	Nameplate	85,210.6	
	Output at Irradiance Levels	84,619.2	-0.7%
	Output at Cell Temperature Derate	77,286.3	-8.7%
	Output After Mismatch	67,435.0	-12.7%
	Optimal DC Output	67,266.9	-0.2%
	Constrained DC Output	67,266.9	0.0%
	Inverter Output	65,921.6	-2.0%
	Energy to Grid	65,592.0	-0.5%
Temperature Metrics			
	Avg. Operating Ambient Temp		16.9 °C
	Avg. Operating Cell Temp		36.5 °C
Simulation Metrics			
	Operating Hours		4251
	Solved Hours		4251

☁ Condition Set												
Description		Condition Set 1										
Weather Dataset		TMY, unknown, ECMWF/ERA (custom)										
Solar Angle Location		Meteo Lat/Lng										
Transposition Model		Perez Model										
Temperature Model		Sandia Model										
Temperature Model Parameters	Rack Type	a	b	Temperature Delta								
	Fixed Tilt	-3.56	-0.075	3°C								
	Flush Mount	-2.81	-0.0455	0°C								
	East-West	-3.56	-0.075	3°C								
	Carport	-3.56	-0.075	3°C								
Soiling (%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Irradiation Variance		5%										
Cell Temperature Spread		4° C										
Module Binning Range		-2.5% to 2.5%										
AC System Derate		0.50%										
Module Characterizations	Module		Uploaded By		Characterization							
	TSM-NE09RC.05 410W (TRINA Solar)		HelioScope		Spec Sheet Characterization, PAN							
	TSM-NEG21C.20 690W (Trina Solar)		HelioScope		Spec Sheet Characterization, PAN							
Component Characterizations	Device		Uploaded By		Characterization							
	SUN2000-50KTL-M3 (480V) (Huawei)		HelioScope		Spec Sheet							

📦 Components		
Component	Name	Count
Inverters	SUN2000-50KTL-M3 (480V) (Huawei)	1 (50.0 kW)
Strings	10 AWG (Copper)	7 (140.6 m)
Module	TRINA Solar, TSM-NE09RC.05 410W (410W)	136 (55.8 kW)

🏠 Wiring Zones			
Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	-	5-20	Along Racking

🏗 Field Segments									
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 2 (copy)	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	35°	173.3634°	0.1 m	1x1	60	60	24.6 kW
Field Segment 3	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	32°	173.3634°	0.1 m	1x1	16	16	6.56 kW
Field Segment 3 (copy)	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	32°	354.08517°	0.1 m	1x1			0
Field Segment 2	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	35°	353.4153°	0.1 m	1x1	60	60	24.6 kW

Detailed Layout

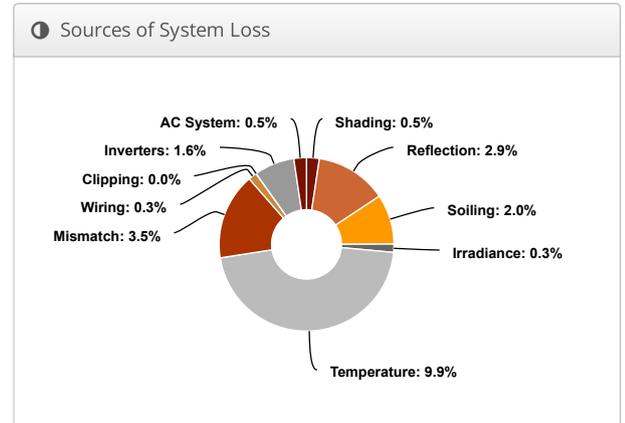
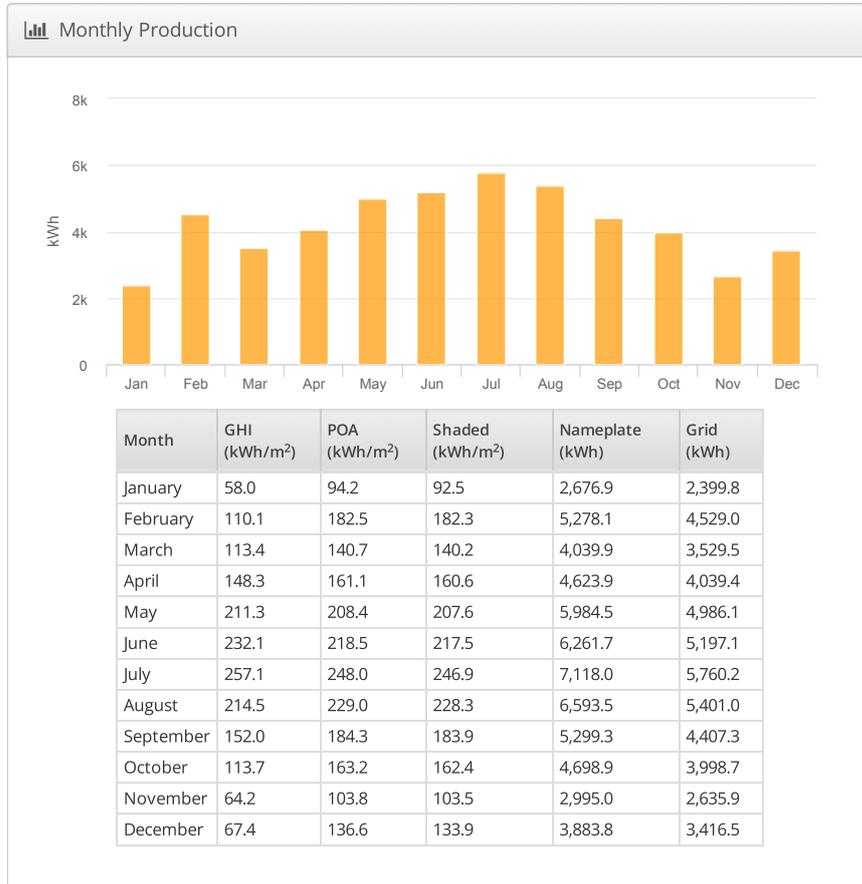
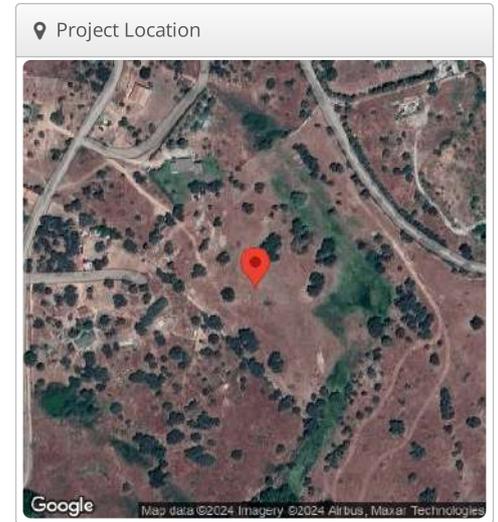


B.2. Informe 2

Diseño final San Agustín del Guadalix, Polígono 8 Parcela 12 CERCA DE LA INFANTA.COLMENAR VIEJO

Report	
Project Name	San Agustín del Guadalix
Project Address	Polígono 8 Parcela 12 CERCA DE LA INFANTA.COLMENAR VIEJO
Prepared By	Laura Mola lmc@eselec.es

System Metrics	
Design	Diseño final
Module DC Nameplate	30.3 kW
Inverter AC Nameplate	27.5 kW Load Ratio: 1.10
Annual Production	50.30 MWh
Performance Ratio	80.1%
kWh/kWp	1,657.9
Weather Dataset	TMY, unknown, ECMWF/ERA (custom)
Simulator Version	89cd8b123d-cb447c338c-2ec30d418a-3cb9863853



⚡ Annual Production			
	Description	Output	% Delta
Irradiance (kWh/m ²)	Annual Global Horizontal Irradiance	1,742.2	
	POA Irradiance	2,070.2	18.8%
	Shaded Irradiance	2,059.6	-0.5%
	Irradiance after Reflection	2,000.9	-2.9%
	Irradiance after Soiling	1,960.9	-2.0%
	Total Collector Irradiance	1,961.0	0.0%
Energy (kWh)	Nameplate	59,453.5	
	Output at Irradiance Levels	59,258.6	-0.3%
	Output at Cell Temperature Derate	53,399.3	-9.9%
	Output After Mismatch	51,552.2	-3.5%
	Optimal DC Output	51,376.0	-0.3%
	Constrained DC Output	51,375.4	0.0%
	Inverter Output	50,553.4	-1.6%
	Energy to Grid	50,300.6	-0.5%
Temperature Metrics			
	Avg. Operating Ambient Temp		16.9 °C
	Avg. Operating Cell Temp		42.0 °C
Simulation Metrics			
	Operating Hours		4251
	Solved Hours		4251

☁ Condition Set												
Description		Condition Set 1										
Weather Dataset		TMY, unknown, ECMWF/ERA (custom)										
Solar Angle Location		Meteo Lat/Lng										
Transposition Model		Perez Model										
Temperature Model		Sandia Model										
Temperature Model Parameters	Rack Type	a	b	Temperature Delta								
	Fixed Tilt	-3.56	-0.075	3°C								
	Flush Mount	-2.81	-0.0455	0°C								
	East-West	-3.56	-0.075	3°C								
	Carport	-3.56	-0.075	3°C								
Soiling (%)	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Irradiation Variance		5%										
Cell Temperature Spread		4° C										
Module Binning Range		-2.5% to 2.5%										
AC System Derate		0.50%										
Module Characterizations	Module		Uploaded By		Characterization							
	TSM-NEG19RC.20 590W (Trinasolar)		HelioScope		Spec Sheet Characterization, PAN							
	TSM-NE09RC.05 410W (TRINA Solar)		HelioScope		Spec Sheet Characterization, PAN							
	TSM-NEG21C.20 690W (Trina Solar)		HelioScope		Spec Sheet Characterization, PAN							
Component Characterizations	Device			Uploaded By		Characterization						
	SUN2000-28KTL (Nov17) (Huawei)			HelioScope		Spec Sheet						

🗄 Components		
Component	Name	Count
Inverters	SUN2000-28KTL (Nov17) (Huawei)	1 (27.5 kW)
Strings	10 AWG (Copper)	5 (140.3 m)
Module	TRINA Solar, TSM-NE09RC.05 410W (410W)	74 (30.3 kW)

👤 Wiring Zones			
Description	Combiner Poles	String Size	Stringing Strategy
Wiring Zone	-	12-18	Along Racking

🏠 Field Segments									
Description	Racking	Orientation	Tilt	Azimuth	Intrarow Spacing	Frame Size	Frames	Modules	Power
Field Segment 2 (copy)	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	35°	173.3634°	0.1 m	1x1	58	58	23.8 kW
Field Segment 3	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	32°	173.3634°	0.1 m	1x1	16	16	6.56 kW
Field Segment 3 (copy)	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	32°	354.08517°	0.1 m	1x1			0
Field Segment 2	Flush Mount	Landscape (Horizontal)	35°	353.4153°	0.1 m	1x1			0

Detailed Layout



B.3. Huawei Inverter

SUN2000-50KTL-M3 Smart PV Controller



Higher Yields

Up to 30% More Energy
with Optimizer



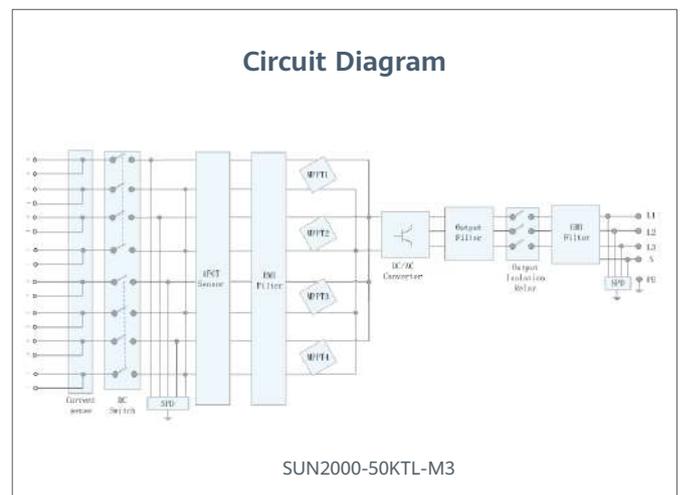
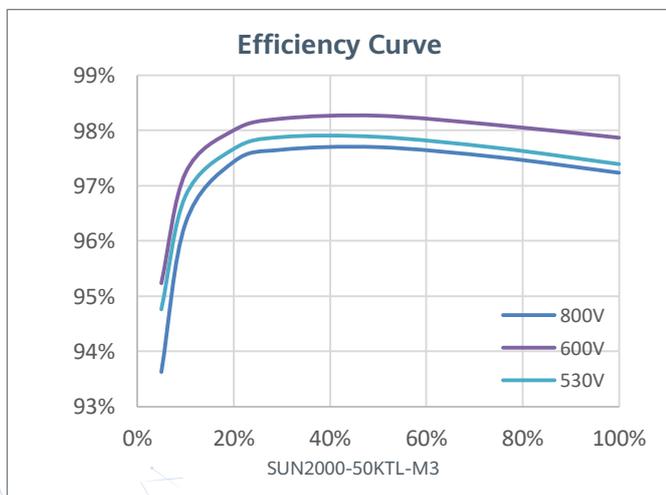
Active Safety

AI Powered
Active Arcing Protection



Flexible Communication

WLAN, Fast Ethernet, 4G
Communication Supported



SUN2000-50KTL-M3
Technical Specification

Technical Specification **SUN2000-50KTL-M3**

Efficiency	
Max. Efficiency	98.5%
European Efficiency	98.0%

Input	
Max. Input Voltage ¹	1,100 V
Max. Current per MPPT	30 A
Max. Current per Input	20 A
Max. Short Circuit Current per MPPT	40 A
Start Voltage	200 V
MPPT Operating Voltage Range ²	200 V ~ 1,000 V
Rated Input Voltage	600 V
Number of Inputs	8
Number of MPP Trackers	4

Output	
Rated AC Active Power	50,000 W
Max. AC Apparent Power	55,000 VA
Max. AC Active Power (cosφ=1)	55,000 W
Rated Output Voltage	400 Vac / 480 Vac, 3W+(N) + PE
Rated AC Grid Frequency	50 Hz / 60 Hz
Rated Output Current	72.2 A @ 400Vac, 60.1 A @ 480Vac
Max. Output Current	79.8 A @ 400Vac, 66.5 A @ 480Vac
Adjustable Power Factor Range	0.8 LG ... 0.8 LD
Max. Total Harmonic Distortion	<3%

Protection	
Input-side Disconnection Device	Yes
Anti-islanding Protection	Yes
AC Overcurrent Protection	Yes
DC Reverse-polarity Protection	Yes
PV-array String Fault Monitoring	Yes
DC Surge Arrester	Type II
AC Surge Arrester	Type II
DC Insulation Resistance Detection	Yes
Residual Current Monitoring Unit	Yes
Arc Fault Protection	Yes
Ripple Receiver Control	Yes
Integrated PID Recovery ³	Yes

Communication	
Display	LED Indicators, Bluetooth + APP
RS485	Yes
Smart Dongle	WLAN/Ethernet via Smart Dongle-WLAN-FE (Optional) 4G / 3G / 2G via Smart Dongle-4G (Optional)
Monitoring BUS (MBUS)	Yes (Isolation Transformer required)

Optimizer Compatibility	
DC MBUS Compatible Optimizer	MERC-1100/1300W-P

General Data	
Dimensions (W x H x D)	640 x 530 x 270 mm (25.2 x 20.9 x 10.6 inch)
Weight (with mounting plate)	49 kg (108.1 lb)
Operating Temperature Range	-25°C ~ 60°C (-13°F ~ 140°F)
Cooling Method	Smart Air Cooling
Max. Operating Altitude	4,000 m (13,123 ft.)
Relative Humidity	0% RH ~ 100% RH
DC Connector	Amphenol HH4
AC Connector	Waterproof Connector + OT/DT Terminal
Protection Degree	IP 66
Topology	Transformerless
Nighttime Power Consumption	≤ 5.5W

Standard Compliance (more available upon request)	
Safety	EN 62109-1/-2, IEC 62109-1/-2, EN 50530, IEC 62116, IEC 60068, IEC 61683
Grid Connection Standards	IEC 61727, VDE-AR-N4105, VDE 0126-1-1, BDEW, G59/3, UTE C 15-712-1, CEI 0-16, CEI 0-21, RD 661, RD 1699, P.O. 12.3, RD 413, EN-50438-Turkey, EN-50438-Ireland, C10/11, MEA, Resolution No.7, NRS 097-2-1, DEWA

1. The maximum input voltage is the upper limit of the DC voltage. Any higher input DC voltage would probably damage inverter.
2. Any DC input voltage beyond the operating voltage range may result in inverter improper operating.
3. SUN2000-30~50KTL-M3 raises potential between PV- and ground to above zero through integrated PID recovery function to recover module degradation from PID. Supported module types include: P-type (mono, poly), N-type (nPERT, HIT)
4. 50KTL Platform only supports C&I Optimizer(MERC-1100/1300W-P). The current version does not support this function and it can be upgraded to optimizer version via new inverter software version(Dec 30th, 2022)
Refer to [HTTP://solar.huawei.com/](http://solar.huawei.com/)

C. NORMATIVA DE LA INSTALACIÓN

La elección de los materiales, el diseño y el montaje de la instalación se debe realizar de acuerdo a las normas y disposiciones legales vigentes:

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- 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.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- 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-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto 1699/2011 por el que se establece la regulación del Autoconsumo fotovoltaico o Balance Neto en España.

- 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 Electrotécnico para baja tensión y las ITC correspondientes.
- Plan de Energías Renovables en España (PER) 2011-2020.
- Plan Nacional de Acción de Eficiencia Energética 2014-2020.
- Directiva 2009/72/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de julio de 2009.
- Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.
- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de Prevención de Riesgos Laborales.

- Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción.
- Demás condiciones impuestas por los Organismos públicos afectados y ordenanzas Municipales.
- Real Decreto 244/2019 de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

Referencias

- [1] J. Antonanzas and J. C. Quinn. Net environmental impact of the pv industry from 2000-2025. *Journal of Cleaner Production*, 2021. [Última consulta: 10-Nov-2023].
- [2] Global Solar Atlas. Análisis del recurso solar. <https://globalsolaratlas.info/detail?c=13.239945,81.5625,2&s=40.685455,-3.666741&m=site&pv=small,180,35,1>. [Última consulta: 20-Marzo-2024].
- [3] David R. Boden. *Geologic Fundamentals of Geothermal Energy*. Routledge, October 17, 2016. [Última consulta: 23-Noviembre-2023].
- [4] SÁEZ COLMENREJO. Solicitud de calificación urbanística, 2023-Abril-13. [Última consulta: 12-Enero-2023].
- [5] Madrid. ucias conbotass Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE) y Asociación de Agencias Españolas de Gestión de la Energía (ENERAGEN). IDAE y ENERAGEN (2023), Guía Profesional de Tramitación del Autoconsumo v.4.1. [Última consulta: 10-Diciembre-2023].
- [6] conbotassucias. “PARQUE EOLICO DE HORNS REV. <https://conbotassucias.wordpress.com/>

- [11] Generador de Precios. Generadores de energía eléctrica. https://generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Electricas/Generadores_de_energia_electrica.html, 2024. [Última consulta: Julio 2024].
- [12] Agencia de Protección Ambiental de EE. UU. (EPA). Guía de Iluminación para Instalaciones Comerciales. <https://www.epa.gov>. [Última consulta: 23-Marzo-2024].
- [13] Factor de Simultaneidad Comunidad de Madrid. <https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/10Jueves/OMIC/?vgnextfmt=default&vgnextoid=96626831e4c2a010VgnVCM10000026205a0aRCRD&vgnnextchannel=ed181a5cbf90e210VgnVCM1000000b205a0aRCRD&idCapitulo=12029877>. [Última consulta: 22-Feb-2024].
- [14] Klima Electric. ¿Cuántos kW se necesitan para calentar un metro cuadrado?., 07/2023. [Última consulta: 4-Mar-2024].
- [15] ENERFÍN. <https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/en1/renovables/regimen-economico/26Enero/Proyectos> [Última consulta: 22-Nov-2023].
- [16] Cambio Energetico. <https://www.cambioenergetico.com/blog/>

- que-son-los-aerogeneradoes-domesticos, 2022. [Última consulta: 25-Nov-2023].
- [17] Total Energies. Potencia media de hornos. <https://www.totalenergies-ofertas.es/blog/luz/cuantos-vatios-consume-un-horno-electrico#>. [Última consulta: 21-Febrero-2024].
- [18] ENF-Solar. Placas-solares-tipo-longi-mmb. <https://es.enfsolar.com/pv/panel-datasheet/crystalline/42218>. [Última consulta: 23-Marzo-2024].
- [19] NY Engineers. 4 Ways to Use Surplus Electricity Production from Solar Panels. <https://www.ny-engineers.com/blog/4-ways-to-use-surplus-electricity-production-from-solar> 2021. [Última consulta: 27-Junio-2024].
- [20] Euronics. Potencia media de microondas. <https://www.euronics.es/blog/como-elegir-la-potencia-del-microondas/#:~:text=La%20mayor%20de%20los%20microondas,potencia%20menos%20tiempo%20de%20funcionamiento>. [Última consulta: 21-Febrero-2024].
- [21] FMB. SEG: Selling power back to the grid. <https://www.fmb.org.uk/>

- seg-selling-power-back-to-the-grid, 2020. [Última consulta: 27-Junio-2024].
- [22] Energia FV. Elementos de una instalación solar aislada. <https://www.energiafv.com/componentes-instalacion-solar-aislada/>. [Última consulta: 18-Marzo-2024].
- [23] Gaiambiente. ¿qué evaluar en tu empresa antes de cambiar hacia fuentes de energía renovables? <https://www.gaiambiente.es/que-evaluar-en-tu-empresa-antes-de-cambiar-hacia-fuentes> [Última consulta: 23-Nov-2023].
- [24] Energia Geotermica. principales usos de la geotermia en función de la temperatura. <https://grupo02termo.wordpress.com/2012/03/06/3-aplicaciones-y-usos-frecuentes-de-la-energia-geotermica/> [Última consulta: 23-Noviembre-2022].
- [25] Eduardo Gil Pérez-Hickman. La energía geotérmica, Valladolid, Julio 2014. [Última consulta: 23-Marzo-2024].
- [26] Miteco gob. “PROYECTO EÓLICO VAA-YU INDIA EN JAISLAMER, RAJASTÁN. [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/31-12.%20Ficha%20resumen%20Vaayu%20Wind%](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/cambio-climatico/temas/mecanismos-de-flexibilidad-y-sumideros/31-12.%20Ficha%20resumen%20Vaayu%20Wind%20)

- 20Jaisalmer-APCF_tcm30-178009.pdf, 2021. [Última consulta: 10-Diciembre-2023].
- [27] GreenMatch. Selling Solar Electricity Back to The Grid: How Does it Work? <https://www.greenmatch.co.uk/blog/selling-solar-electricity-back-to-the-grid>, 2020. [Última consulta: 27-Junio-2024].
- [28] GreenTecher. Instalacio y proveedores. <https://www.greentecher.com/aerogeneradores-domesticos-instalacion-proveedores/>, 2020. [Última consulta: 24-Nov-2023].
- [29] R. K. Gupta, P. K. Sharma, and A. Ghosh. Hybrid renewable energy systems for sustainable development: A review of optimization techniques. *Journal of Cleaner Production*, 2023. [Última consulta: 8-Enero-2024].
- [30] J. Hernández-Moro and J.M. Martínez-Duart. Analytical model for solar pv and csp electricity costs: Present lcoe values and their future evolution. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 20:119–132, 2013.
- [31] IBERDROLA. <https://www.iberdrola.es/luz/calcular-potencia-electrica>. [Última consulta: 01-Mar-2024].
- [32] Iberdrola. Potencia Media de Electro-domésticos. <https://www.iberdrola>.

es/luz/calcular-potencia-electrica?
p_p_id=ibd_calculadora_potencia_
IbdCalculadoraPotenciaPortlet_INSTANCE_
1Jxgvid3frg4&p_p_lifecycle=1&p_p_state=
normal&p_p_mode=view&_ibd_calculadora_
potencia_IbdCalculadoraPotenciaPortlet_
INSTANCE_1Jxgvid3frg4_javax.portlet.action=
%2FenviarFormulario&p_auth=4UKJvhZL. [Última
consulta: 21-Febrero-2024].

- [33] Interepresas. La energía eólica ha supuesto un ahorro de 31,25 euros el mwh en 2022. <https://www.interempresas.net/Energia/Articulos/464175-La-eolica-ha-supuesto-un-ahorro-de-31-25-euros-e.html>. [Última consulta:20-Nov-2023].
- [34] Investopedia. How to Profit From Solar Energy. <https://www.investopedia.com/articles/markets/083116/how-profit-solar-energy.asp>, 2022. [Última consulta: 27-Junio-2024].
- [35] KEEUI. ¿Qué es HelioScope y Para qué se usa? <https://keeui.com/2021/03/19/helioscope-herramienta-para-sistemas-fotovoltaicos/>. [Última consulta: 23-Noviembre-2022].
- [36] Lamparas.es. Potencia media de lamparas. <https://www.lamparas.es/#37f1/fullscreen/>

- m=and&q=potencia. [Última consulta: 21-Febrero-2024].
- [37] José Ignacio Linares Hurtado. Viabilidad Económica de Proyectos Fotovoltaicos. Moodle ICAI, 2023. [Última consulta: 10-Julio-2024].
- [38] Y. Liu, S. Wang, L. Wu, and M. Shahidehpour. Renewable energy integration in microgrids: Benefits, challenges, and optimization strategies. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 2023. [Última consulta: 18-Marzo-2023].
- [39] A. Mohammadi, H. Mehdipour, and F. Blaabjerg. Photovoltaic systems: A comprehensive review and future trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2022. [Última consulta: 15-Noviembre-2023].
- [40] Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). Iluminación Eficiente. <https://www.idae.es>. [Última consulta: 23-Marzo-2024].
- [41] A Plus. Elementos de una instalación conectada a red. <https://amasplusrenovables.es/instalacion-solar-fotovoltaica-conectada-a-red-vertido>. [Última consulta: 18-Marzo-2024].
- [42] PVsyst. Solar pv plant design and energy estimation with pvsyst. <https://reo.online/training/pvsyst/>. [Última consulta: 20-Marzo-2024].

- [43] Reglamento Delegado 364/2016 (CPR) RD 244/2019 RD 542/2020 RD 298/2021 Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC-BT) y Guía técnica de aplicación del REBT | [RD 842/2002 de 2 de agosto de 2002 actualizado según RD 560/2010 RD 1053/2014. Reglamento electrotécnico para baja tensión, 2022. [Última consulta: 03-Mar-2024].
- [44] Repsol. Potencia media de lavadora. <https://www.repsol.es/particulares/asesoramiento-consumo/cuantos-kw-consume-lavadora/#:~:text=La%20potencia%20de%20la%20lavadora%20suele%20rondar%20entre%201500%20y,1000%20para%20determinar%20los%20kilowatts>. [Última consulta: 21-Febrero-2024].
- [45] Sun-Field. Horas-de-sol-y-sol-pico-en-españa:. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/horas-de-sol-en-espana/>. [Última consulta: 20-Marzo-2024].
- [46] Sun-Power. Placas-solares-tipo-375w-spr-375-blk-ac. <https://suministrosdelsol.com/es/paneles-solares/1494-sunpower-375w-monocristalino-SPR-P3-375-BLK-AC.html>. [Última consulta: 23-Marzo-2024].

- [47] Francisco José García Sánchez. Producción de biometano a partir de biogás de vertedero. Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla, 2016. [Última consulta: 15-Nov-2023].
- [48] Trina-Solar. Trin- solar-modelo. <https://www.trinasolar.com/lac/product/VERTEX-DE09.08#>. [Última consulta: 23-Marzo-2024].
- [49] Wikipedia. Definición de porche. [https://es.wikipedia.org/wiki/Porche#:~:text=Un%20porche%20es%20aquel%20espacio,dentro%20\(debajo\)%20del%20edificio.,](https://es.wikipedia.org/wiki/Porche#:~:text=Un%20porche%20es%20aquel%20espacio,dentro%20(debajo)%20del%20edificio.,) 22-Julio-2022. [Última consulta: 2-Febrero-2024].