



POLITÉCNICA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA
AGRONÓMICA, ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

GRADO EN INGENIERÍA AGROAMBIENTAL

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA AGROFORESTAL

Instalación de un sistema fotovoltaico en una almazara para la transformación de 1.500.000 kg de aceituna en el municipio de Cambil (Jaén).

TRABAJO FIN DE GRADO

Autor/a: José Sebastián Cruz Tene

Tutor/a: José Luis García Fernández

Febrero de 2025

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO N°1: MEMORIA Y ANEJOS A LA MEMORIA

DOCUMENTO N°2: PLANOS

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO

DOCUMENTO N°1:
MEMORIA Y
ANEJOS A LA
MEMORIA

MEMORIA

MEMORIA

MEMORIA

ÍNDICE

1. OBJETO DEL PROYECTO.....	5
2. AGENTES DEL PROYECTO	5
2.1 Promotor	5
2.2 Proyectista	5
3. MOTIVACIÓN Y DIRECTRICES DEL PROYECTO.....	5
3.1 Motivación del proyecto.....	5
3.2 Condicionantes impuestos por el promotor.....	6
4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA	7
4.1 Localización del Proyecto	7
4.2 Situación energética.....	8
4.3 Condicionantes legislativos	12
4.3.1. Normativa a nivel europeo	12
4.3.2. Normativa a nivel estatal	13
4.3.3. Normativa a nivel autonómico	14
4.4 Diagnóstico. Análisis de problemas, oportunidades, condicionantes.....	14
5. OBJETIVOS Y ALTERNATIVAS DEL PROYECTO.....	15
5.1 Objetivos específicos del Proyecto.....	15
5.2 Alternativas estratégicas a la demanda energética.....	15
6. INGENIERÍA DEL PROCESO.....	16
6.1 Proceso productivo	16
6.2 Ingeniería del Proceso Productivo	18
7. INGENIERIA DE LAS INSTALACIONES	21
7.1 Instalación fotovoltaica	21
7.2 Instalación eléctrica	24
8. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA.....	26
9. PRESUPUESTO.....	27
10. EVALUACIÓN FINANCIERA	28

MEMORIA

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localización de la parcela donde se encuentra la almazara del proyecto. Fuente: SIGPAC	7
Ilustración 2: Localización del polígono industrial de la almazara al noroeste del municipio de Cambil	8
Ilustración 3: Parcela catastral. Fuente: Sede Electrónica del Catastro	8
Ilustración 4: Ranking mundial de los países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada en 2023. Fuente: Statista y elaboración propia.....	9
Ilustración 5: Combinación energética de la UE en 2022. Fuente: European Environment Agency.....	10
Ilustración 6: Distribución porcentual del consumo de energía primaria en España en 2022. Fuente: MITERD y elaboración propia	11
Ilustración 7: Energía solar fotovoltaica generada en España de 2010 a 2023 (en gigavatios-hora). Fuente: Statista	12
Ilustración 8: Diagrama del flujo productivo de la almazara. Elaboración propia .	17
Ilustración 9: Consumo eléctrico de la almazara en cada fase de producción. Fuente: elaboración propia	19
Ilustración 10: Consumo mensual eléctrico de la almazara durante todo el año. Fuente: elaboración propia	19
Ilustración 11: Desglose del consumo eléctrico por periodos. Fuente: elaboración propia	20
Ilustración 12: Distribución de los módulos en la cubierta de la almazara. Fuente: elaboración propia	22
Ilustración 13: Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico en kWh. Fuente: PVGIS	23

MEMORIA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Consumo de energía primaria en España en 2021-2022 por tecnología renovable. Fuente: MITECO	11
Tabla 2: Análisis DAFO del proyecto.....	14
Tabla 3: Cuadro resumen del balance de materia por operaciones. Elaboración propia	18
Tabla 4: Datos de consumo mensual eléctrico por periodos en la almazara. Fuente: elaboración propia	20
Tabla 5: Diámetro del tubo seleccionado con respecto al número de conductores y sección de cada tramo. Fuente: elaboración propia	25
Tabla 6: Programa de ejecución y puesta en marcha del proyecto	27
Tabla 7: Resumen del presupuesto por capítulos de obra. Fuente: elaboración propia .	27
Tabla 8: Cuadro resumen general del Presupuesto. Fuente: elaboración propia	27
Tabla 9: Tabla resumen de los indicadores de rentabilidad del proyecto. Fuente: elaboración propia	28

1. OBJETO DEL PROYECTO

El objeto del presente proyecto es el diseño, dimensionamiento y puesta en marcha de un sistema fotovoltaico de 19,92 kWp que permita en gran medida, la transformación anual de 1.500.000 Kg de aceitunas en la almazara “Trujal de Mágina” ubicada en el Término Municipal de Cambil en la provincia de Jaén.

Esta instalación está diseñada para cubrir parcialmente la demanda energética del edificio, principalmente en las operaciones de producción, permitiendo al promotor obtener ahorros en el consumo eléctrico.

Asimismo, desde el punto de vista ambiental, se espera que la implantación de este sistema contribuya a la transición hacia un modelo más sostenible, reduciendo el impacto ambiental de la almazara y mejorando su eficiencia energética.

2. AGENTES DEL PROYECTO

2.1 Promotor

El presente proyecto está impulsado por el promotor, que en este caso es la Cooperativa de aceite de oliva Trujal de Mágina. La sociedad fue constituida en 1998 con el objetivo de llevar a cabo un proyecto sostenible y compatible con la conservación del medio ambiente. Por esta misma razón, el promotor tiene la iniciativa de instalar un sistema fotovoltaico con la finalidad de reducir costos a medio y largo plazo y también impulsar la mejora de la sostenibilidad ambiental de la almazara mediante el uso de energía renovable.

2.2 Proyectista

El proyectista es el agente responsable de realizar el diseño y dimensionamiento del sistema fotovoltaico. En este proyecto, dicho agente es José Sebastián Cruz Tene, estudiante de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica, Alimentaria y de Biosistemas de la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).

3. MOTIVACIÓN Y DIRECTRICES DEL PROYECTO

3.1 Motivación del proyecto

Como ya se ha mencionado, la finalidad de este proyecto es la reducción de la dependencia de fuentes de energía convencionales y de esta manera reducir los costes operativos en la producción de aceite de oliva. Esta finalidad viene acompañada de la

motivación, por parte de la Cooperativa S.C.A Trujal de Mágina, de posicionarse como un referente en el sector adoptando tecnologías y soluciones innovadoras en la región.

3.2 Condicionantes impuestos por el promotor

Para la realización de este proyecto, el promotor ha impuesto una serie de requisitos de obligado cumplimiento con la finalidad de asegurar que este se adapte a sus requerimientos energéticos, financieros y operativos. Estos condicionantes deben ser integrados en el diseño de la instalación desde el primer momento para conseguir que el proyecto sea conveniente y de garantía. Dichos condicionantes se mencionan a continuación:

- Los paneles fotovoltaicos deberán instalarse sobre la cubierta de la almazara, evitando la adquisición de cualquier tipo de terreno o parcela y aprovechando las infraestructuras existentes.
- Durante la ejecución del proyecto se debe garantizar en todo momento la integridad de la estructura de la almazara sin que se produzcan daños o alteraciones que dificulten las operaciones en el edificio.
- El presupuesto final del proyecto no podrá exceder los 35.000 €, teniendo en cuenta mano de obra e impuestos para garantizar un equilibrio económico en la inversión del promotor.
- La instalación debe estar diseñada para que la recuperación del capital invertido se realice en un plazo razonable, dentro del periodo de vida útil de la instalación.
- La instalación deberá cumplir con todas las normativas autonómicas, nacionales y europeas aplicables.
- Se deben cumplir de forma estricta con los plazos de ejecución.
- La instalación debe estar dimensionada para cubrir una parte significativa del consumo energético actual de la almazara, optimizando el autoconsumo y disminuyendo la dependencia de la red eléctrica.

4. ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

4.1 Localización del Proyecto

La almazara donde se pretende realizar la instalación del sistema fotovoltaico está situada en el Término Municipal de Cambil (Jaén) que se encuentra ubicado dentro de la Comarca Sierra Mágina. La parcela se encuentra localizada en el Polígono Industrial Llanos de Ochoa mediante el cual se puede acceder por la carretera A-324 que conecta el área rural con el centro del municipio de Cambil situado a aproximadamente 3,27 km.

La superficie de la parcela cuenta con aproximadamente 4.872 m², dentro de las cuales, el área ocupada por la totalidad del edificio es de 992 m². El recinto colinda con zonas de cultivo de los olivares de la Cooperativa. Las coordenadas geográficas del emplazamiento son las siguientes:

Latitud: 37° 41' 0.03" N

Longitud: 3° 36' 11.20" W

Huso: UTM 30

Referencia catastral: 6910301VG4761S0002KB



Ilustración 1: Localización de la parcela donde se encuentra la almazara del proyecto. Fuente: SIGPAC

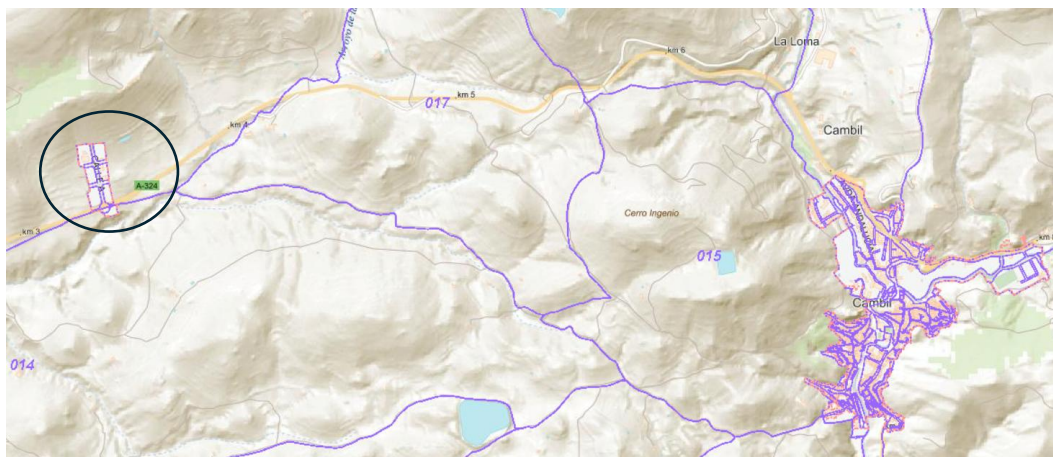


Ilustración 2: Localización del polígono industrial de la almazara al noroeste del municipio de Cambil



Ilustración 3: Parcela catastral. Fuente: Sede Electrónica del Catastro

Como se puede observar en la Ilustración 1, la almazara se sitúa principalmente en una zona rural, libre de edificios cercanos que puedan proyectar sombras sobre el área propuesta para la instalación de los paneles. Como ya se ha mencionado anteriormente, cuenta con una buena accesibilidad por carretera, ya que está conectada directamente a la vía situada al sur de la parcela, lo que a su vez facilitaría la ejecución de las instalaciones.

4.2 Situación energética

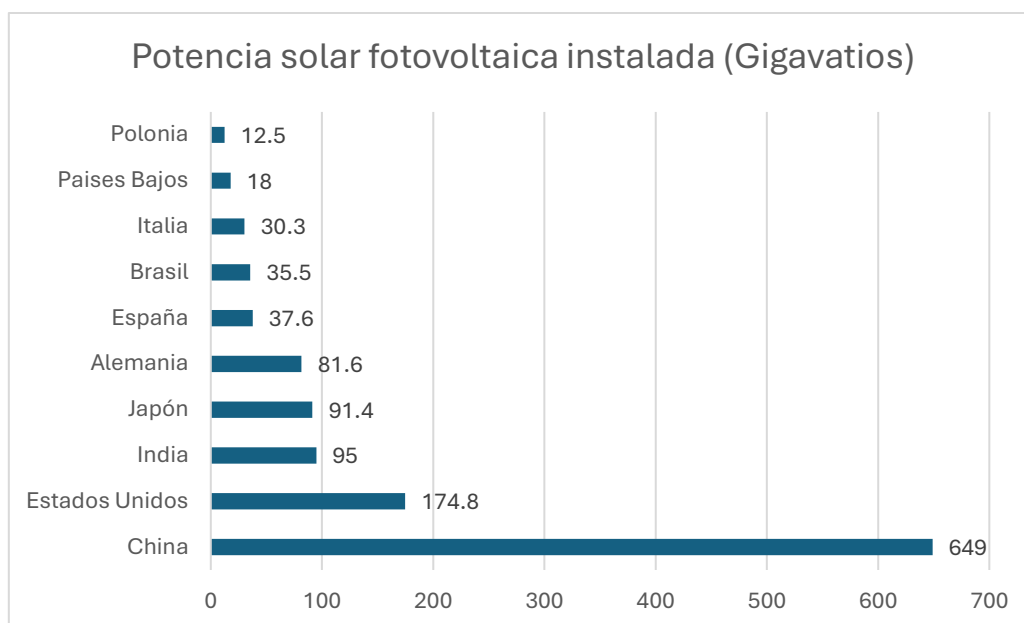
Es una realidad que en los últimos años la demanda energética en el mundo ha crecido debido al aumento de la población. Y este crecimiento ha ocurrido no sólo en el ámbito urbanístico y doméstico, sino que también, la demanda energética ha aumentado desde un punto de vista industrial, como por ejemplo el sector agroalimentario, el cual está fuertemente relacionado con este proyecto.

Al igual que ha ocurrido en los últimos años, hoy en día los combustibles fósiles como el petróleo, el gas natural y el carbón siguen siendo la principal fuente de energía a nivel mundial. Con un 29,3 % el petróleo es el combustible fósil más usado en el mundo. Le

MEMORIA

sigue el carbón con un 26,5 % y en tercer lugar se sitúa el gas natural con un 23,4 %. Juntos suponen alrededor de un 80 % del total de fuentes energéticas utilizadas en el mundo.

Por otro lado, debido a los acontecimientos que se han dado en los últimos meses relacionados con la pandemia por COVID-19 y la guerra de Ucrania, se han producido cambios en los precios de la energía y esto a su vez ha dado lugar a una serie de medidas tomadas por los gobiernos con el objetivo de reducir la dependencia de estas fuentes de energía y aumentar el uso de energías renovables. Es en este escenario en donde las fuentes de energía como la fotovoltaica han seguido creciendo en los últimos años. En el siguiente gráfico se puede visualizar los países con los valores de potencia solar fotovoltaica instalada más altos del mundo:



*Ilustración 4: Ranking mundial de los países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada en 2023.
Fuente: Statista y elaboración propia*

En Europa la situación es parecida, con una gran dependencia de los combustibles fósiles siendo la principal fuente el petróleo con aproximadamente un 35 % como principal fuente de energía. La combinación energética del continente europeo se puede observar en la siguiente ilustración:

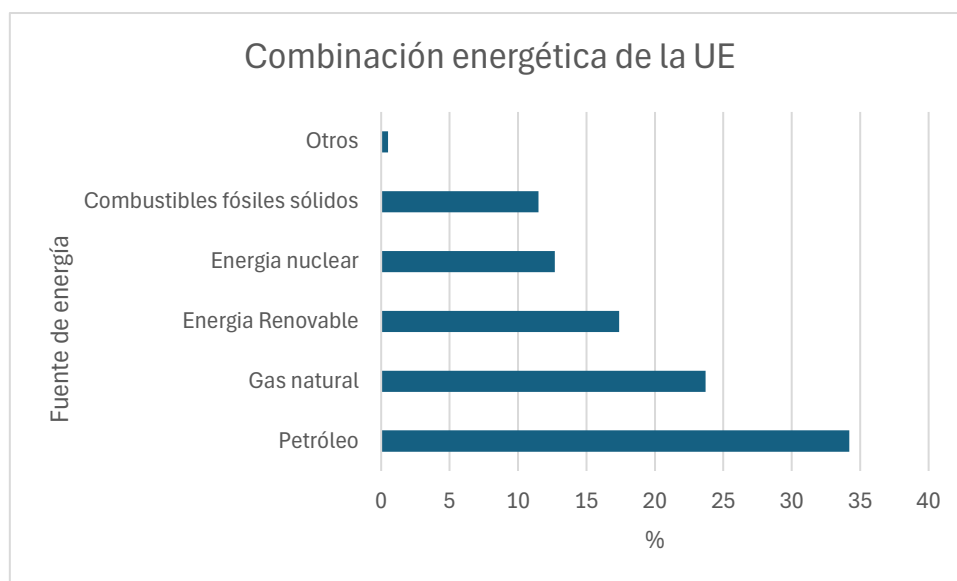


Ilustración 5: Combinación energética de la UE en 2022. Fuente: European Environment Agency

Es importante señalar que la UE ha reducido drásticamente la dependencia de los combustibles fósiles rusos debido al conflicto existente en la región, reduciendo las exportaciones de petróleo aproximadamente un 90% y disminuyendo las importaciones de gas de 155.000 millones de metros cúbicos en 2021 a alrededor de 80.000 millones en 2022 y unos 45.000 millones en 2023. Por esta razón se ha aprovechado la crisis energética para acelerar la transición hacia fuentes de energía renovables. En el año 2023 la Unión Europea produjo más electricidad a partir de energía eólica y solar que de combustibles fósiles (Comisión Europea, 2023).

En el año 2022, la capacidad solar fotovoltaica superó los +41 GW lo que supone un incremento del 60% respecto al año anterior. En este mismo año, el 39% de la electricidad se generó mediante energías renovables, y en mayo del 2022, la energía eólica y solar superaron por primera vez a los combustibles fósiles en la generación de electricidad en la UE (Comisión europea, 2023).

En la actualidad Europa se encuentra en un proceso de descarbonización de su economía, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en el año 2050.

En España también se tiene una alta dependencia de los combustibles fósiles al igual que el resto del mundo. El combustible fósil más consumido es el petróleo con aproximadamente un 45,5 % del total de fuentes de energía, seguido por el gas natural con un 24 %. El uso de energías renovables representa solo un 15,6 %, aunque si bien es cierto, en los últimos años el uso de este tipo de energías ha tenido una tendencia al alza. La energía nuclear (12,9 %), la hidroeléctrica (3 %) y el carbón (3 %) completan la distribución del consumo de energía en España (MITERD, 2022).

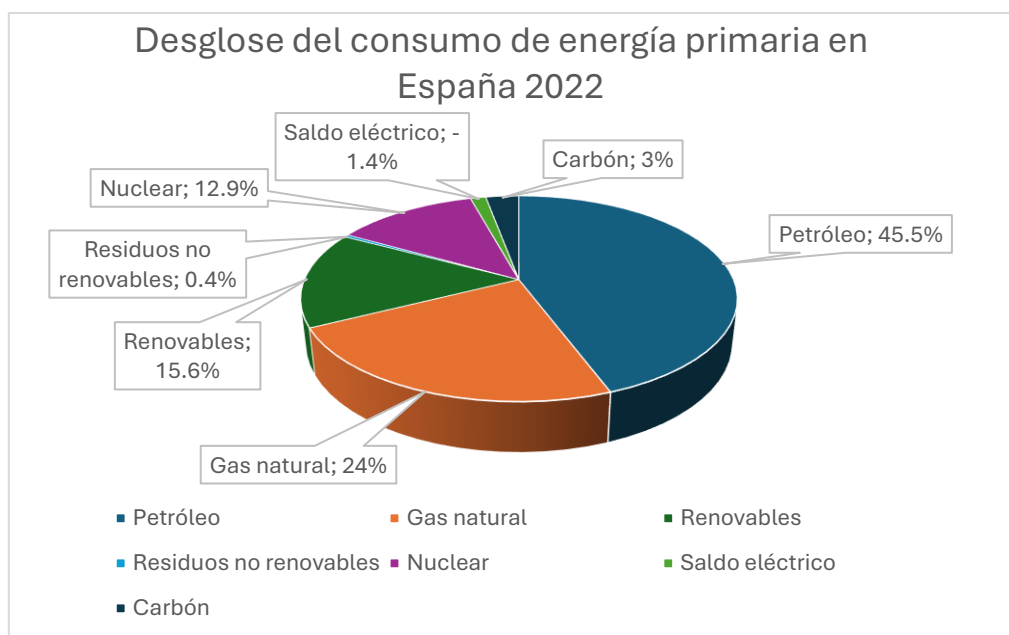


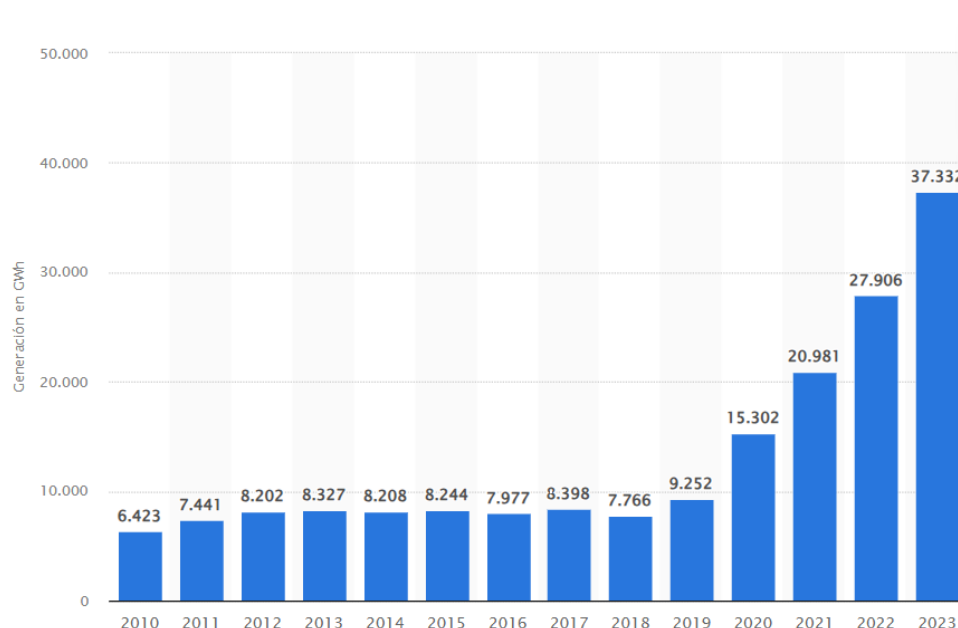
Ilustración 6: Distribución porcentual del consumo de energía primaria en España en 2022. Fuente: MITERD y elaboración propia

En los últimos años España ha experimentado un crecimiento significativo en la producción de energía renovable como la solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa.

Tabla 1: Consumo de energía primaria en España en 2021-2022 por tecnología renovable. Fuente: MITECO

Tecnología	2021 (ktep)	2022 (ktep)	Δ 2022/2021 (%)
Hidráulica	2.547	1.512	-40,6%
Eólica	5.336	5.399	1,2%
Solar fotovoltaica	1.885	2.682	42,3%
Solar térmica	1.686	1.526	-9,5%
Energía del mar	1,6	2,0	21,1%
Geotérmica	0,2	0,2	0%
Biomasa	5.278	5.298	0,4%
Biogás	326	333	2,3%
RSU (renovables)	283	284	0,3%
Biocombustibles	1.409	1.364	-3,2%

En concreto, el sector de la energía solar fotovoltaica en España ha continuado creciendo a lo largo de los últimos 13 años. En la Ilustración 7 se puede observar cómo desde el 2010 hasta el 2019 la generación de energía fotovoltaica se mantuvo en cierto modo constante, en un intervalo de 6,4 y 9,2 GWh, y es a partir del 2020 donde se observa un crecimiento significativo hasta la actualidad. Esto quiere decir que la generación de este tipo de energía se multiplicó por seis desde el 2010, mostrando una clara tendencia creciente.



*Ilustración 7: Energía solar fotovoltaica generada en España de 2010 a 2023 (en gigavatios-hora).
Fuente: Statista*

En líneas generales, la energía solar fotovoltaica mantuvo su tendencia al alza en 2024 debido al crecimiento de su potencia año tras año. Se espera que esta tendencia se mantenga en los próximos años.

4.3 Condicionantes legislativos

En este apartado, se indicarán las diferentes normativas aplicables para este tipo de proyectos a nivel europeo, nacional y autonómico:

4.3.1. Normativa a nivel europeo

- Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundida)
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). La presente Directiva establece requisitos en relación con:
 - a) el marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de unidades del edificio.
 - b) la aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de los edificios nuevos o de nuevas unidades del edificio.
 - c) la aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de:
 - i) edificios y unidades y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.

- ii) elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y tengan repercusiones significativas sobre la eficiencia energética de tal envolvente cuando se modernicen o sustituyan.
- iii) instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren.
- d) los planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo.
- e) la certificación energética de los edificios o de unidades del edificio.
- f) la inspección periódica de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado de edificios.
- g) los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

4.3.2. Normativa a nivel estatal

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexiones de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Documento Básico HE: Ahorro de Energía

4.3.3. Normativa a nivel autonómico

- Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.
- Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 50/2008, de 19 de febrero, por el que se regulan los procedimientos administrativos referidos a las instalaciones de energía solar fotovoltaica emplazadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

4.4 Diagnóstico. Análisis de problemas, oportunidades, condicionantes

La almazara opera principalmente durante los meses de campaña que suelen ser desde noviembre hasta enero o febrero. El resto del año la actividad se centra en comercializar el aceite producido y en el mantenimiento de las instalaciones.

Hoy en día, la Cooperativa de la almazara tiene contratado el suministro de electricidad que procede directamente de la red eléctrica para cubrir los requerimientos energéticos en las tareas de operación, además de la electricidad que requiere el edificio en sus instalaciones.

Con toda la información recogida y para entender mejor el contexto del proyecto se ha realizado un análisis DAFO para encontrar las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades del proyecto.

Tabla 2: Análisis DAFO del proyecto

DEBILIDADES	AMENAZAS
Inversión inicial elevada	Inestabilidad en la normativa energética
Dependencia de factores climáticos y meteorológicos	Competencia en el sector de las renovables
Gastos de mantenimiento	Cambios en los precios de la energía eléctrica
FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
Recuperación de la inversión	Mejora de la imagen corporativa de la almazara
Mayor autonomía energética	Subvenciones y ayudas
Reducción de costes energéticos	Posibles ampliaciones en el futuro

5. OBJETIVOS Y ALTERNATIVAS DEL PROYECTO

5.1 Objetivos específicos del Proyecto

Este proyecto tiene como finalidad analizar la conveniencia y las posibilidades que tiene el promotor, que en este caso se trata de la Cooperativa, de implementar un sistema fotovoltaico y que este tenga éxito durante la vida útil de los componentes de la instalación, es decir, demostrar que dicho proyecto es viable tanto desde una perspectiva económica como técnica. Por esta razón, los objetivos específicos que se han acordado junto con el promotor han sido los siguientes:

- Análisis del funcionamiento de la almazara en cada uno de los procesos de producción, que en definitiva es donde más energía se requiere. Se detectarán las fases de producción con mayor demanda energética y que cantidad de energía fotovoltaica podría cubrir dichas necesidades.
- Diseño del sistema fotovoltaico, teniendo en cuenta la superficie disponible para la instalación de los paneles solares en la cubierta del edificio, considerando la forma de esta y el espacio en donde se pueden ubicar los módulos y otros componentes.
- Dimensionamiento del sistema fotovoltaico, para saber la potencia de la instalación, el número de paneles necesarios y el tipo de panel requerido en la instalación, además de los demás componentes como el cableado y la conexión a la red eléctrica.
- Evaluación financiera, para determinar si la instalación que se quiere impulsar es viable económicamente o no en un periodo de tiempo a medio y largo plazo.

5.2 Alternativas estratégicas a la demanda energética

La Cooperativa de la almazara estudió algunas opciones aparte de la instalación de un sistema fotovoltaico ya que estaban decididos a abaratar costes del consumo eléctrico. Una de las posibilidades fue la instalación de un grupo electrógeno a base de gasoil o gas natural. Sin embargo, pese a ser una alternativa relativamente realista, el hecho de seguir usando combustibles fósiles hizo que esta idea ya no fuese tenida en cuenta ya que seguiría siendo una opción contaminante y no se podría abaratar costos a largo plazo debido al precio de los combustibles fósiles y que se trata de una fuente no renovable. Otra opción que fue considerada es la utilización de biomasa como fuente de energía. Al principio a la Cooperativa le parecía una buena alternativa ya que la almazara además de producir aceite genera residuos y subproductos como restos de poda o huesos de aceituna que podían ser aprovechados para la generación de energía. Sin embargo, esta opción requería de la instalación de calderas y sistemas de almacenamiento de la biomasa que

MEMORIA

demandaban mucho espacio físico dentro de la almazara, el cual la Cooperativa consideró que no disponía, ya que tampoco quería impulsar obras de ampliación ni modificar la estructura actual del edificio, por lo que esta opción también fue descartada.

En definitiva, aunque había otras alternativas que ofrecían ventajas, finalmente la única opción que convencía a la Cooperativa fue el uso de paneles fotovoltaicos, ya que supone una solución práctica, sin demasiados inconvenientes a nivel técnico, con la posibilidad de aprovechar una fuente de energía renovable como el sol y además se trata de un proyecto viable a largo plazo desde el punto de vista económico.

6. INGENIERÍA DEL PROCESO

6.1 Proceso productivo

La almazara está diseñada para la transformación de 1.500.000 kg de aceitunas por temporada. Como el rendimiento medio es de 5 kg de aceituna por litro de aceite, se estima que la producción total de aceite de oliva virgen extra (AOVE) es de 300.000 litros al año. Las principales etapas en el proceso de transformación de la materia prima que se siguen en la almazara son las siguientes:

- Recolección, transporte y recepción de la materia prima
- Limpieza y lavado
- Pesaje y toma de muestras
- Almacenamiento
- Molienda
- Batido
- Separación de fases (Centrifugación)
- Almacenamiento en depósitos
- Envasado y etiquetado

A continuación, se puede observar el diagrama de flujo de la almazara en el proceso de producción de aceite de oliva con Denominación de Origen Protegida Sierra Magina. El flujo comienza con la entrada de aceitunas y finaliza con la obtención del producto final. En el proceso también se utiliza materiales auxiliares como agua y materiales de envasado (envases, etiquetas, tapones, etc.). Tanto la cuantificación de la materia prima como de los materiales auxiliares se puede ver detalladamente en el Anejo 2.

MEMORIA

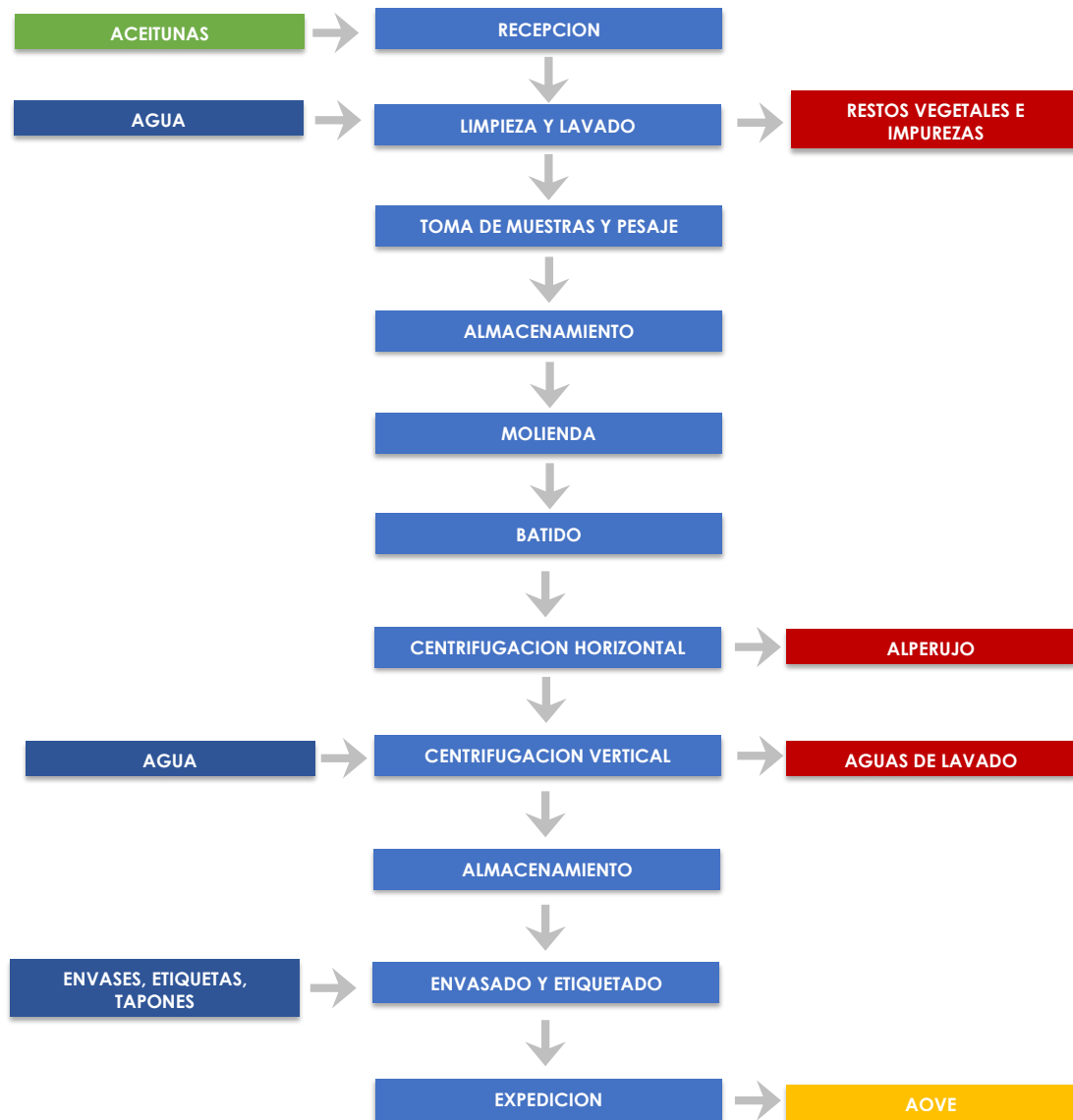


Ilustración 8: Diagrama del flujo productivo de la almazara. Elaboración propia

El balance de materiales del proceso de producción de una industria almazarera para la obtención de aceite de oliva implica tener en cuenta la cantidad de materiales de entrada y salida dentro del proceso. En la siguiente tabla se puede apreciar un resumen del balance de materia en cada etapa:

Tabla 3: Cuadro resumen del balance de materia por operaciones. Elaboración propia

ENTRADAS	OPERACIÓN	SALIDA
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.500.000 kg de aceitunas ➤ 150.000 L de agua 	Limpieza y lavado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg aceituna limpia ➤ 45.000 kg de impurezas ➤ 150.000 L de agua
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg de aceituna limpia 	Molienda	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg de pasta
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg de pasta 	Centrifugación horizontal	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.100 L aceite sucio ➤ 1.134.900 kg de alperujo
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.000 L aceite sucio ➤ 60.000 L agua 	Centrifugación vertical	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.000 L aceite ➤ 60.000 L agua de lavado
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.000 L aceite 	Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 300.000 L AOVE ➤ 20.000 L de impurezas

6.2 Ingeniería del Proceso Productivo

El consumo eléctrico en la almazara Trujal de Mágina varía dependiendo de la época del año y coincide que los consumos más altos se producen en la temporada de recolección de la aceituna, que es la época en donde la almazara funciona a un rendimiento elevado ya que es cuando la aceituna empieza a ser procesada y el uso de la maquinaria aumenta.

El uso de electricidad para las operaciones de transformación en la almazara se puede ver reflejado en el siguiente gráfico:

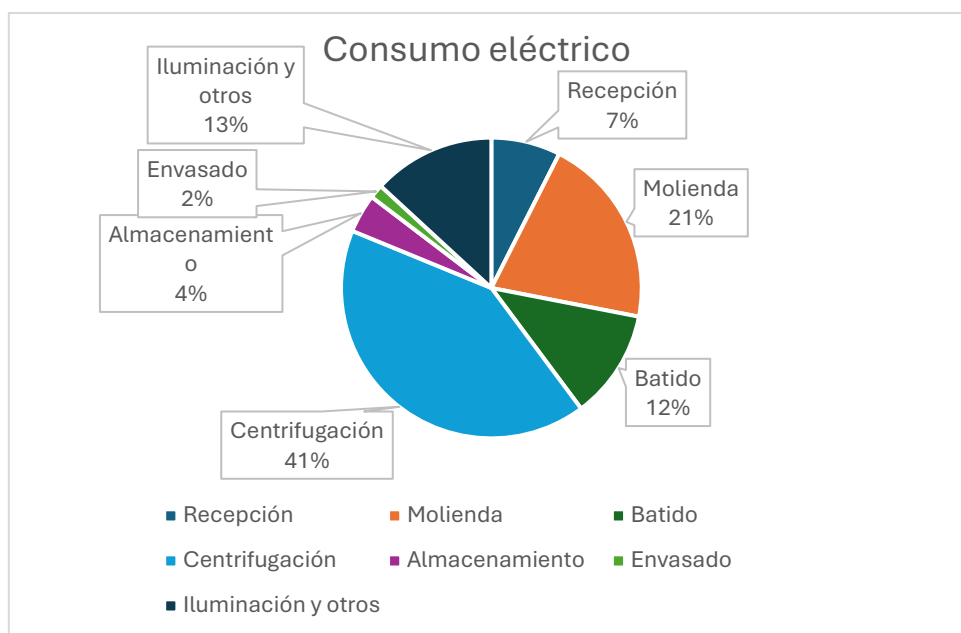


Ilustración 9: Consumo eléctrico de la almazara en cada fase de producción. Fuente: elaboración propia

Gracias a que el promotor ha facilitado las facturas de consumo eléctrico, se ha podido realizar un estudio de la demanda energética de la almazara que se puede resumir en la siguiente ilustración:

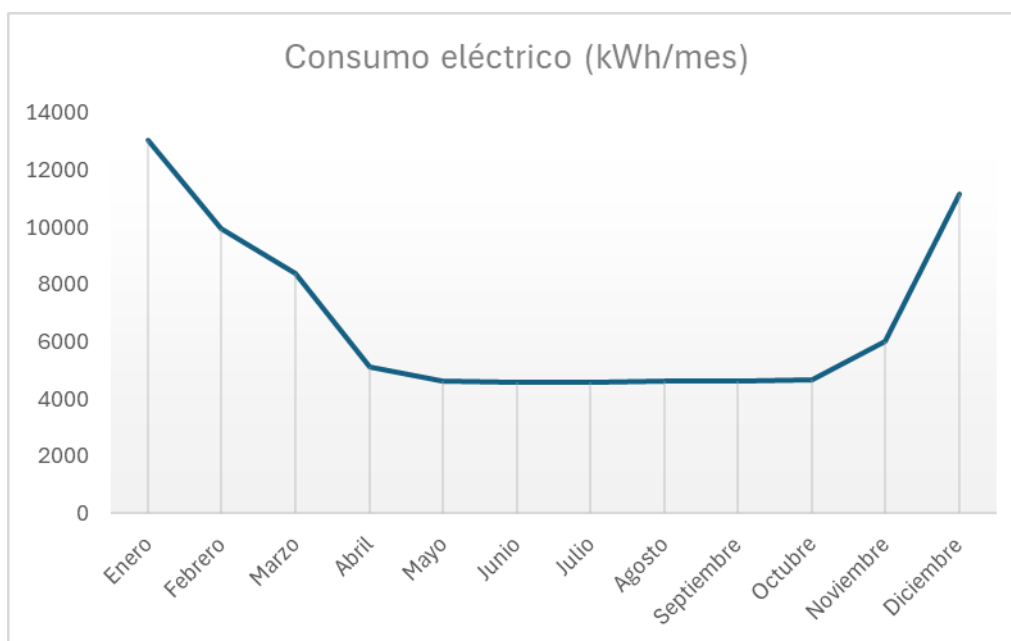


Ilustración 10: Consumo mensual eléctrico de la almazara durante todo el año. Fuente: elaboración propia

Del mismo modo se presenta a continuación, un resumen detallado del consumo eléctrico de la almazara desglosado por los distintos periodos tarifarios y en meses.

MEMORIA

Tabla 4: Datos de consumo mensual eléctrico por periodos en la almazara. Fuente: elaboración propia

	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	P4 (kWh)	P5 (kWh)	P6 (kWh)	TOTAL (kWh)
ENERO	1.566,24	1.044,16	3.915,6	2.610,4	2.479,88	1.435,72	13.052
FEBRERO	1.195,92	797,28	2.989,8	1.993,2	1.893,54	1.096,26	9.966
MARZO	1.006,92	671,28	2.517,3	1.678,2	1.594,29	923,01	8.391
ABRIL	615,36	410,24	1.538,4	1.025,6	974,32	564,08	5.128
MAYO	555,96	370,64	1.389,9	926,6	880,27	509,63	4.633
JUNIO	550,32	366,88	1.375,8	917,2	871,34	504,46	4.586
JULIO	550,2	366,8	1.375,5	917	871,15	504,35	4.585
AGOSTO	553,56	369,04	1.383,9	922,6	876,47	507,43	4.613
SEPTIEMBRE	555,24	370,16	1.388,1	925,4	879,13	508,97	4.627
OCTUBRE	563,16	375,44	1.407,9	938,6	891,67	516,23	4.693
NOVIEMBRE	724,08	482,72	1.810,2	1.206,8	1.146,46	663,74	6.034
DICIEMBRE	1.342,32	894,88	3.355,8	2.237,2	2.125,34	1.230,46	11.186
ANUAL	9.779,28	6.519,52	24.448,2	16.298,8	15.483,86	8.964,34	81.494

Como se puede observar y confirmando lo que ya se ha mencionado con anterioridad, la actividad de la almazara es estacional, siendo mucho mayor en los meses de campaña, es decir, desde diciembre hasta marzo aproximadamente, alcanzando un pico en enero, momento de mayor actividad en la fábrica.

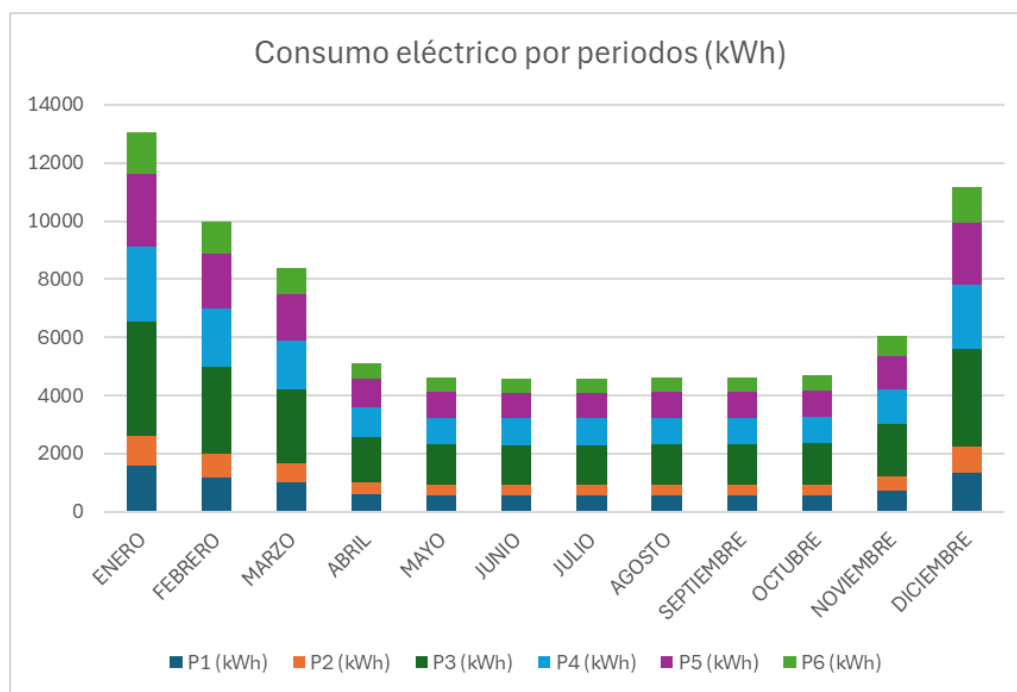


Ilustración 11: Desglose del consumo eléctrico por periodos. Fuente: elaboración propia

7. INGENIERIA DE LAS INSTALACIONES

En este apartado se indica los principales aspectos relacionados con el diseño y dimensionamiento de la instalación fotovoltaica y eléctrica del presente proyecto, tales como los elementos que conforman el sistema y la conexión de dichos componentes para su correcto funcionamiento.

7.1 Instalación fotovoltaica

a) Distribución de los módulos

Los paneles se colocan de manera estratégica con la idea de aprovechar al máximo el espacio que se tiene disponible en la cubierta de la almazara. Los módulos se colocarán en las zonas planas de la cubierta, que también dispone de zonas con pendiente. Sin embargo, la decisión de instalar los paneles en la parte plana se basa en la capacidad de orientar el módulo a la inclinación que se desea. El software PVGIS, utilizado en este proyecto, realizó una estimación sobre la inclinación óptima de los paneles en 34°. No obstante, la inclinación elegida finalmente es de 40° ya que esto nos permite un mayor aprovechamiento de radiación durante los meses de invierno, que a fin de cuentas son los meses de mayor demanda energética por parte de la almazara.

En cuanto a la separación de filas, no es un aspecto tan significativo en este proyecto debido al diseño de la cubierta del edificio, ya que la forma que tiene automáticamente proporciona un espacio entre las dos cadenas de módulos que estarán en las zonas planas como ya se indicó anteriormente. Esta distancia es de aproximadamente 7,16 metros, según se puede apreciar en el Documento 3 Planos. Con esto se garantiza que no habrá sombras entre las cadenas de módulos y además esta separación facilita un acceso más cómodo a las tareas de mantenimiento.

MEMORIA

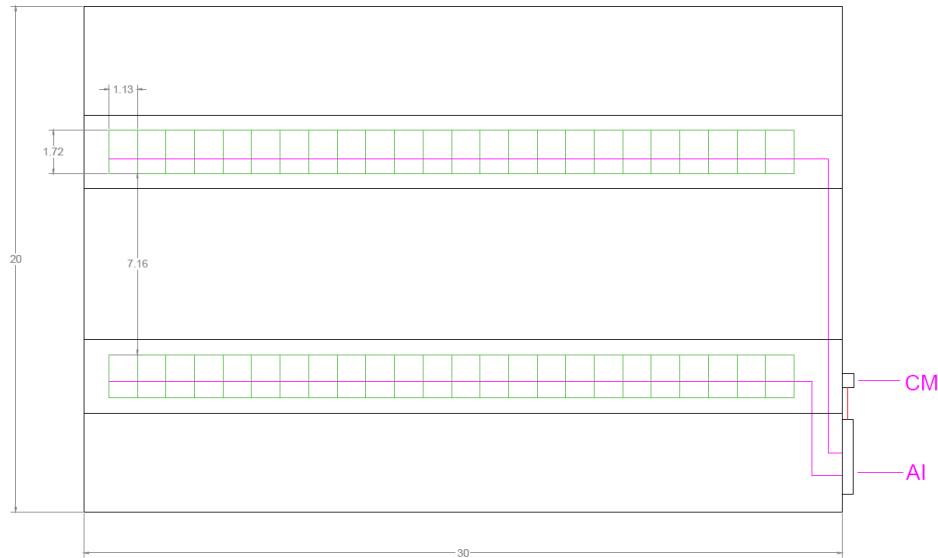


Ilustración 12: Distribución de los módulos en la cubierta de la almazara. Fuente: elaboración propia

b) Número de módulos a instalar y potencia de la instalación.

A la hora de seleccionar el número de paneles que se instalará en la almazara, se ha tenido en cuenta algunos factores como la demanda energética de la fábrica, la cantidad de energía que pueden generar los paneles y el espacio disponible en la cubierta. Los módulos se colocarán en vertical para aprovechar al máximo la superficie disponible. Tras realizar los correspondientes cálculos que se pueden ver detalladamente en el Anejo 4, se instalarán 48 módulos distribuidos en dos cadenas de 24 unidades. Se han seleccionado módulos de 415 Wp del fabricante Longi, por lo que la potencia de la instalación será de 19,92 kWp.

Las principales características del módulo son las siguientes:

- Potencia nominal: 415 Wp
- Eficiencia: 21,3 %
- Tipo y número de células: 108 células monocristalinas
- Dimensiones: 1722 x 1134 x 30 mm
- Peso: 20,8 kg

c) Estimación de la producción de energía

Para calcular cuanta energía producirá el sistema fotovoltaico, se hace uso del software especializado PVGIS de la Comisión Europea. Introduciendo datos tales como la localización geográfica del proyecto, la potencia de la instalación, la orientación e inclinación de los paneles y el porcentaje de pérdidas estimado en el Anejo 4, se ha podido extraer la información acerca de la energía que el sistema será capaz de generar a partir de la radiación solar. Los datos se pueden observar en la siguiente ilustración:

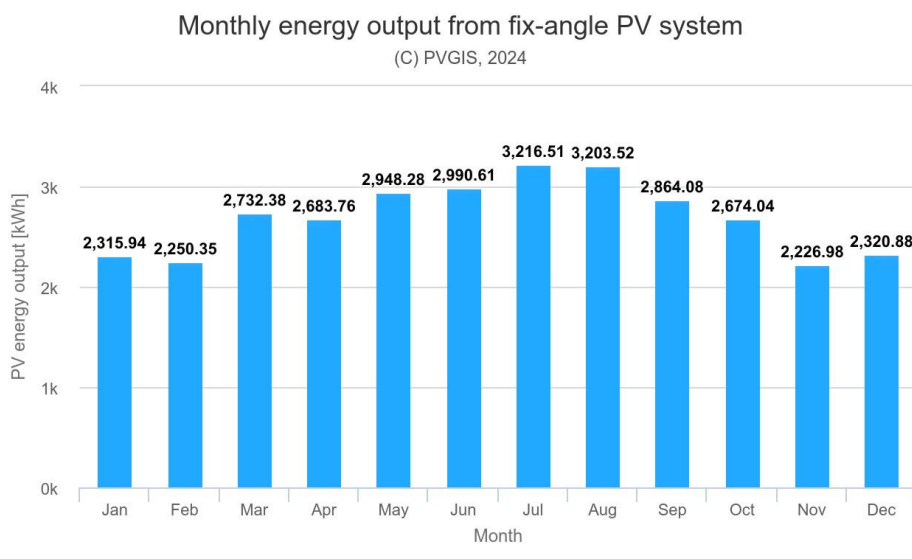


Ilustración 13: Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico en kWh. Fuente: PVGIS

Se espera que la producción total de energía por parte del sistema fotovoltaico sea de 32.427 kWh al año. Es importante señalar que la intención del proyecto en todo momento es cubrir una parte significativa de la demanda energética, es decir, en ningún momento se ha realizado el dimensionamiento del sistema para que abarque todo el consumo de la almazara. La producción de energía mensual para autoconsumo estará por debajo de la cantidad demandada mes a mes por la fábrica, esto quiere decir que no existirán excedentes y por tanto no será necesario la inyección de energía sobrante a la red. En definitiva, el sistema fotovoltaico logra cubrir aproximadamente el 39 % del consumo total de electricidad de la almazara. Esto último mencionado, se podrá ver detalladamente en el Anejo 4.

d) Equipo inversor

Para la utilización de la energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos es necesario un inversor que transforme la corriente continua en corriente alterna. Para el presente proyecto se ha seleccionado un el modelo Symo 10.0 3-M Advanced del fabricante Fronius. Se instalarán dos unidades, uno en cada cadena de módulos, y esto permitirá cubrir la potencia nominal de la instalación. Las principales características técnicas del inversor son:

- Rango de tensión MPP: 270-800 V
- Tensión máxima: 1000 V
- Corriente máxima: 27 A/16,5 A
- Potencia nominal: 10 kW
- Rendimiento máximo: 98 %

El resto de las características técnicas se podrá ver detallado igualmente en el Anejo 4.

MEMORIA

e) Estructura de soporte

Para el presente proyecto se ha seleccionado un modelo de estructura Sunfer 08V con una inclinación personalizada de 40° solicitada expresamente al fabricante por las razones ya justificadas anteriormente. El sistema de anclaje de la estructura es por sujeción directa mediante tornillos que se insertan en la estructura subyacente. El material que lo compone es de aluminio anodizado que le otorga alta resistencia contra condiciones meteorológicas adversas debido al acero inoxidable de su tornillería. En cada estructura se colocarán dos módulos fotovoltaicos por lo que serán necesarias 12 estructuras de soporte por cada cadena de módulos.

7.2 Instalación eléctrica

a) Cableado

En la instalación eléctrica es importante destacar que existen distintos tipos de cableado para cada tramo, dependiendo de si se trata de corriente continua (tramo desde los paneles hasta el inversor) o de corriente alterna (tramo desde el inversor hasta el cuadro eléctrico).

- Corriente continua:

Este tramo corresponde a las cadenas de módulos fotovoltaicos conectados en serie con el inversor. La sección del tramo se dimensiona en función de los criterios indicados en el Pliego de Condiciones, en relación con los criterios de caída de tensión e intensidad máxima admisible. Los cálculos realizados se pueden consultar detalladamente en el Anejo 5. Se ha seleccionado para este tramo un cable solar con sección de 4 mm² de tipo H1Z2Z2-K con conductores de cobre y aislamiento reticulado XLPE que garantiza la resistencia a la intemperie.

- Corriente alterna:

Este tramo corresponde a la salida de los inversores hasta el cuadro de medida. Al igual que el tramo de corriente continua, la sección se dimensiona en función de los criterios ya mencionados. En definitiva, se ha seleccionado una sección de 4 mm² para el tramo desde el inversor hasta la caja de conexiones y una sección de 10 mm² desde la caja de conexiones hasta el cuadro de medida. Además de los tres conductores correspondientes al sistema trifásico, el cableado dispondrá de otros dos conductores, uno neutro y otro de protección. Para ambas secciones se utilizará un cable multiconductor de tipo RV-K 06/1kV con aislamiento de polietileno reticulado XLPE3.

MEMORIA

b) Tubos y canalizaciones

De acuerdo con las indicaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, se ha decidido la utilización de tubos rígidos de PVC, resistentes a la radiación ultravioleta y aislantes. El tramo de corriente continua CC, desde los módulos hasta el inversor contará con dos conductores por cada tubo. Por otro lado, el tramo correspondiente a la corriente alterna CA estará compuesto por cinco conductores (las tres fases del sistema trifásico junto con una fase neutro y otra de protección) por cada tubo.

A continuación, se puede visualizar una tabla resumen que muestra la sección del conductor, el número de conductores y el diámetro que le corresponde a cada tubo en cada tramo de la instalación teniendo en cuenta la normativa vigente:

Tabla 5: Diámetro del tubo seleccionado con respecto al número de conductores y sección de cada tramo. Fuente: elaboración propia

Tramo	Sección del conductor (mm ²)	Nº de conductores	Diámetro del tubo (mm ²)
Módulos-Inversor	4	2	16
Inversor-Caja de conexiones	4	5	20
Caja de conexiones-Cuadro de medida	10	5	32

c) Protecciones

El sistema cuenta con una serie de elementos necesarios para proteger no solo la instalación sino también a los usuarios.

- Corriente continua:

En la mayoría de los casos los inversores ya suelen incorporar elementos de protección en el propio aparato. Estos elementos suelen ser seccionadores de corte para la desconexión manual de los paneles solares, descargadores de sobretensión para proteger de sobretensiones causadas por rayos, interruptores magnetotérmicos para proteger en caso de sobreintensidades o cortocircuitos. En este caso serán necesarios dos, uno por cada cadena de módulos. Por último, serán también necesarios fusibles de 20 A que se instalan en las series de módulos y protegen contra sobreintensidades. La justificación y el dimensionamiento de estos elementos se puede encontrar detalladamente en el Anejo 5.

- Corriente alterna:

La parte de corriente alterna consta de un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial. Al igual que ocurre en corriente continua, el magnetotérmico está destinado

MEMORIA

a la protección contra cortocircuitos y sobrecargas. Se debe seleccionar un interruptor magnetotérmico con una corriente nominal superior a la intensidad de diseño del circuito, e inferior a la intensidad máxima admisible del cable por lo que selecciona un interruptor de 20 A.

En cuanto al interruptor diferencial, es el elemento que detecta y protege al sistema frente a fugas eléctricas que puedan ocasionar daños a los usuarios. Este dispositivo realiza un balance de la corriente que entra y sale del circuito y compara dichos valores. Si estos no coinciden es un indicativo de que pueda haber alguna fuga y es entonces cuando el interruptor diferencial desconecta el circuito. La intensidad nominal para este interruptor será la misma que la intensidad del interruptor magnetotérmico, es decir, de 20 A y una sensibilidad de 300 mA.

d) Puesta a tierra

La instalación de tierra garantiza la seguridad tanto de las personas como de los equipos eléctricos. En el presente proyecto se instalará una toma de tierra propia de manera que no se altere las condiciones de puesta a tierra de la red pública. En el tramo de corriente continua, todos los componentes metálicos incluidos los módulos fotovoltaicos estarán conectados al sistema de tierra mediante un cable de tierra de sección 10 mm². En el tramo de corriente alterna también se conectará el conductor de tierra con el cuadro de medida y la sección también será de 10 mm².

Uno de los componentes principales de la puesta de tierra son los electrodos de tierra, que en este caso será una pica vertical de 2,5 metros y 14,2 milímetros de diámetro recubierta de cobre cuya función es establecer una conexión de baja resistencia eléctrica con la tierra.

e) Conexión a la red

La conexión a la red de baja tensión se realizará de acuerdo con el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT). Se instalará un contador bidireccional que tendrá como función principal la gestión de la energía generada por el sistema fotovoltaico y consumida de la red cuando sea necesario, ya que el sistema fotovoltaico no abastecerá el 100% de las necesidades de la almazara. El modelo de contador será Fronius Smart Meter 63A-3, compatible con el inversor del proyecto que es del mismo fabricante, y que se encargará de monitorizar completamente la instalación realizando una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía.

8. PROGRAMA DE EJECUCIÓN Y PUESTA EN MARCHA

El programa de ejecución y puesta en marcha del proyecto se ha estructurado de tal forma que la instalación del sistema fotovoltaico se realice dentro de un plazo de 10 días hábiles desde el inicio de las obras. La distribución de las tareas a realizar se puede visualizar en la siguiente tabla:

MEMORIA

Tabla 6: Programa de ejecución y puesta en marcha del proyecto

TAREA	DÍA 1	DÍA 2	DÍA 3	DÍA 4	DÍA 5	DÍA 6	DÍA 7	DÍA 8	DÍA 9	DÍA 10
Replanteo y recepción de materiales	x	x	x							
Instalación de estructuras		x	x	x						
Montaje de módulos fotovoltaicos				x	x	x				
Cableado y conexiones					x	x	x			
Instalación de inversores						x	x			
Instalación de protecciones y toma de tierra							x	x	x	
Puesta en marcha y pruebas									x	x

9. PRESUPUESTO

En el cálculo del presupuesto se han incluido todos los gastos necesarios para la instalación del sistema fotovoltaico de este proyecto. El documento detallado se puede encontrar en el Documento nº 4 “Presupuesto” en donde se incluyen todos los elementos tenidos en cuenta para la ejecución del proyecto por capítulos de obra. A continuación, se incluye el resumen presupuestario:

Tabla 7: Resumen del presupuesto por capítulos de obra. Fuente: elaboración propia

CAPITULO	DESCRIPCION	IMPORTE
CAP01	Módulos fotovoltaicos	5.636,16 €
CAP02	Estructura soporte	3.460,80 €
CAP03	Inversor	4.480,00 €
CAP04	Material eléctrico	2.605,11 €
CAP05	Trabajos de instalación	2.307,20 €
CAP06	Obra civil	752,06 €
CAP07	Redacción del proyecto y gestión de obra	1.205,10 €

Tabla 8: Cuadro resumen general del Presupuesto. Fuente: elaboración propia

Presupuesto de Ejecución Material	20.446,43 €
9 % Gastos Generales	1.840,18 €
6% Beneficio Industrial	1.226,79 €
Total	23.513,40 €
21 % IVA	4.937,81 €
Presupuesto de Ejecución por Contrata	28.451,21 €

El Presupuesto del presente proyecto asciende a la cantidad de 28.451,21 €.

Suma el presente presupuesto más IVA la cantidad de:
VEINTIOCHO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS.

10. EVALUACIÓN FINANCIERA

Para evaluar la rentabilidad financiera del proyecto se han calculado unos indicadores financieros tales como el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el Plazo de Recuperación también conocido como Payback. La estimación de estos valores se podrá ver detalladamente en el Anejo 6: “Evaluación Financiera”. Los resultados del estudio se indican a continuación en la tabla resumen:

Tabla 9: Tabla resumen de los indicadores de rentabilidad del proyecto. Fuente: elaboración propia

Valor Actual Neto (VAN)	33.165,55 €
Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	13,1 %
Payback	9 años

Las conclusiones extraídas de la evaluación son las siguientes:

- El Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es 33.165,55 € con una tasa de interés aplicada del 4 % lo que significa que los ingresos generados en el futuro serán mayores a la cantidad desembolsada en la inversión inicial. Este resultado positivo y por tanto satisfactorio demuestra la viabilidad del proyecto.
- La Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) presentan un valor del 13,1 % siendo superior a 0 y sobrepasando de manera significativa la tasa de actualización empleada del 4 %, lo que reafirma la rentabilidad de la instalación.
- El Payback obtenido del análisis es de 9 años, lo cual significa que el proyecto recuperará la inversión en este periodo de tiempo y a partir de este punto la instalación generará beneficios netos, lo que es un gran indicativo de rentabilidad ya que la inversión inicial se recuperará en menos de la mitad de vida útil de la instalación.

Cambil (Jaén), febrero de 2025



José Sebastián Cruz Tene

ANEJO 1

-

ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. ÁREA DEL PROYECTO. CONDICIONANTES INTERNOS Y EXTERNOS	5
2.1. Condicionantes internos	5
2.1.1. Estudio del clima	5
2.1.2. Temperaturas.....	6
2.1.3. Precipitaciones.....	6
2.1.4. Humedad relativa.....	7
2.1.5. Viento.....	8
2.1.6. Nubosidad.....	9
2.1.7. Radiación, duración de horas de sol y energía solar.....	10
2.2. Condicionantes externos.....	13
2.2.1. Características demográficas	13
2.2.2. Características económicas.....	14
2.2.3. Condicionantes legislativos	15
3. ESTUDIO DEL SECTOR DEL ACEITE DE OLIVA	17
3.1. Análisis del sector oleico a nivel mundial	17
3.2. Análisis del sector oleico en España.....	18
4. ESTUDIO DEL SECTOR ENERGÉTICO	19
4.1. Situación energética a nivel mundial.....	19
4.2. Situación energética a nivel europeo.	21
4.3. Situación energética en España	22
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Temperaturas medias (T), Temperaturas medias mensuales máximas (TM) y Temperaturas medias mensuales mínimas (Tm) 1991-2021	6
Tabla 2: Precipitaciones medias mensuales/anuales 2015-2021. Fuente AEMET y Elaboración propia.....	7
Tabla 3: Tabla de valores medios mensuales/anuales (2015-2020) de humedad relativa. Fuente: AEMET	8
Tabla 4: Promedio de la velocidad media del viento en Cambil. Fuente: Wheaderspark .	9
Tabla 5: Anuario estadístico de Andalucía con los datos estadísticos de PIB nominal, población y PIB per cápita de la provincia de Jaén (2019-2021) Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía y elaboración propia.....	14
Tabla 6: Principales productores de aceite de oliva del mundo 2022/23. Fuente: International Olive Council	17
Tabla 7: Superficie de cultivo de olivo en las CCAA. Fuente: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos del año 2022. MAPA.....	18
Tabla 8: Superficie de cultivo de olivo en Andalucía (2022) Fuente: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (MAPA)	19
Tabla 9: Consumo de energía primaria en España en 2021-2022 por tecnología renovable. Fuente: MITECO	23

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa de la Clasificación climática de Köppen (1981-2010). Fuente: AEMET	6
Ilustración 2: Velocidad promedio del viento en Cambil. Fuente: Weatherspark	8
Ilustración 3: Número de días de sol, nublados, parcialmente nublados y precipitaciones a lo largo del año en Cambil. Fuente: Meteoblue	10
Ilustración 4: Irradiancia global, directa y difusa en la provincia de Jaén. Fuente: AEMET	11
Ilustración 5: Mapa de irradiancia global media de España (1983-2005). Fuente:AEMET	11
Ilustración 6: Cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total. Fuente: Weatherspark ..	12
Ilustración 7: La energía solar de onda corta promedio diario que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25º a 75º y 10º a 90º. Fuente: Weatherspark	13
Ilustración 8: Censo poblacional de Cambil (2003-2023). Fuente: INE y elaboración propia	14
Ilustración 9: Distribución porcentual mundial de suministro de energía primaria en el año 2023. Fuente: Statista	20
Ilustración 10: Ranking mundial de los países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada en 2023. Fuente: Statista y elaboración propia.....	21
Ilustración 11: Combinación energética de la UE en el año 2022. Fuente: European Environment Agency.....	21
Ilustración 12: Importaciones de gas procedente de Rusia en los últimos tres años. Fuente: Comisión Europea	22
Ilustración 13: Distribución porcentual del consumo de energía primaria en España en 2022. Fuente: MITERD	23
Ilustración 14: Energía solar fotovoltaica generada en España de 2010 a 2023 (en gigavatios-hora). Fuente: Statista	24

1. INTRODUCCIÓN

Desde el inicio, este proyecto ha sido diseñado y dimensionado con la intención de aprovechar la energía solar y de esta manera conseguir reducir el impacto energético de la almazara y las operaciones que se realizan en ella. La idea de instalar un sistema fotovoltaico surge con el objetivo de generar electricidad de una manera más limpia y autónoma para poder cubrir una parte considerable de la demanda energética del edificio.

En este Anejo, se realizarán estudios sobre el sector del aceite de oliva, para conocer mejor el panorama actual del sector oleícola y los procesos y operaciones que conlleva la transformación de la aceituna en aceite de oliva como producto final. También se hará referencia al sector energético, para poner en contexto la situación actual en la que se encuentra no solo España sino el resto del mundo. Además, se indicarán los aspectos legislativos por los cuales se regirá el presente proyecto.

En definitiva, este Anejo actúa como punto de partida para contextualizar el proyecto y dar una visión clara del estado inicial del mismo.

2. ÁREA DEL PROYECTO. CONDICIONANTES INTERNOS Y EXTERNOS

2.1. Condicionantes internos

2.1.1. Estudio del clima

La zona donde se encuentra la almazara, en el municipio de Cambil en la provincia de Jaén, cuenta con un clima típicamente mediterráneo. Esto significa veranos secos y calurosos con temperaturas que pueden llegar a superar los 38°C e inviernos fríos y parcialmente nublados. A lo largo de todo el año, la temperatura oscila entre los -1°C y 33°C. El clima se clasifica como Csa por el sistema Köppen-Geiger. Se trata de aquellos climas cuya precipitación es superior a la evapotranspiración potencial, la temperatura media del mes más frío es inferior a 18°C y superior a 0°C y la temperatura media del mes más cálido es superior a 10°C.

La radiación solar es abundante durante todo el año, siendo uno de los factores más importantes para la instalación de paneles fotovoltaicos. Los datos utilizados para este análisis proceden de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), entre otros, extraídos por la Estación Meteorológica del Aeropuerto de Granada. Se ha escogido dicha estación debido a su cercanía con la localización del proyecto y a la disponibilidad de datos.

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

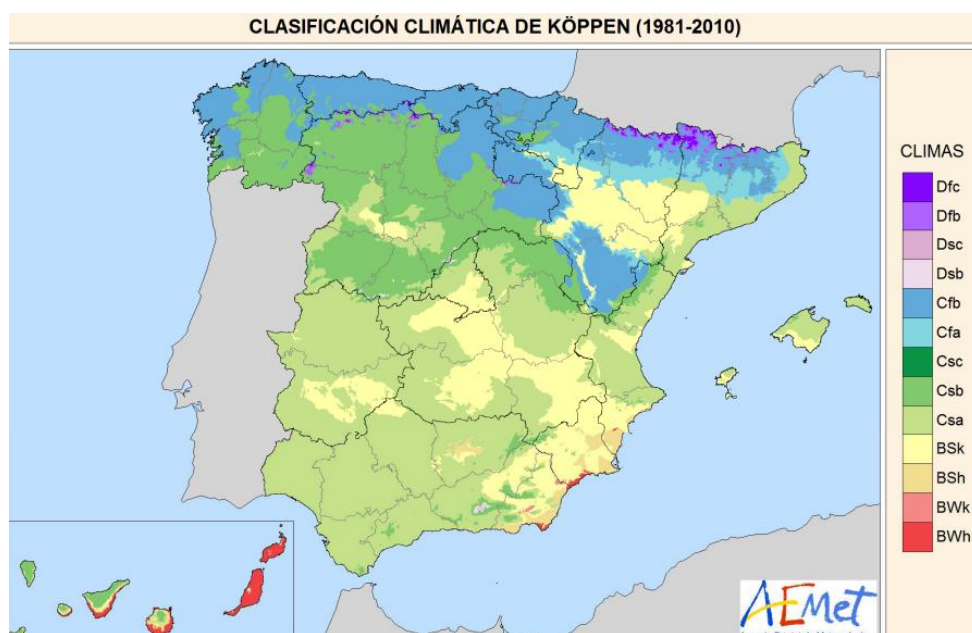


Ilustración 1: Mapa de la Clasificación climática de Köppen (1981-2010). Fuente: AEMET

2.1.2. Temperaturas

La variación de la temperatura anual está alrededor del 19,5°C. El mes más cálido es julio con una temperatura máxima promedio de 31,2°C y una mínima de 17,2°C. El mes más frío en Cambil corresponde a enero con una temperatura mínima promedio de 0,4°C y una máxima de 10°C.

La época calurosa dura 2,8 meses con una temperatura máxima promedio de 29°C. Por el contrario, la temporada fría tiene una duración de 3,7 meses y la temperatura máxima promedio diaria se sitúa en torno a los 15°C.

Tabla 1: Temperaturas medias (T), Temperaturas medias mensuales máximas (TM) y Temperaturas medias mensuales mínimas (Tm) 1991-2021

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
T	5.1	6.1	8.8	11.5	15.7	21.2	24.7	24.6	19.8	15	8.7	6.2
Tm	0.4	1.1	3.2	5.7	9.4	14.2	17.2	17.3	13.8	9.7	4.2	1.7
TM	10	11.1	14.2	16.9	21.3	27.3	31.2	31.1	25.7	20.4	13.4	11.7

2.1.3. Precipitaciones

Las precipitaciones en Cambil tienden a ser relativamente abundantes en los meses de invierno y primavera mientras que los veranos son generalmente secos. Durante los meses de noviembre a abril se observa un aumento significativo en la cantidad de lluvia. En la tabla se indican los promedios mensuales/anuales del año 2015 hasta el 2021 a partir de datos extraídos de AEMET, donde se puede deducir que los meses

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

con más precipitaciones a lo largo del año son marzo, abril y noviembre. Por el contrario, el mes más seco es julio con tan solo 1,06 mm de media.

En cuanto a la probabilidad de días con precipitaciones, el mes con más días mojados es noviembre con un promedio de 5,6 días. El mes con menos días mojados es julio con una probabilidad promedio de 0,5 días de precipitaciones.

Tabla 2: Precipitaciones medias mensuales/ anuales 2015-2021. Fuente AEMET y Elaboración propia

	Mes	Precipitación (mm)
Promedio 2015-2021	Enero	45.20
	Febrero	34.74
	Marzo	71.17
	Abril	65.83
	Mayo	35.54
	Junio	6.77
	Julio	1.06
	Agosto	8.83
	Septiembre	23.74
	Octubre	37.14
	Noviembre	67.40
	Diciembre	40.09

2.1.4. Humedad relativa

La humedad relativa en Cambil es un factor climático que varía según la estación y las condiciones climáticas locales. Como parte del clima mediterráneo, Cambil tiende a tener una humedad relativamente baja en comparación con otras regiones con climas más húmedos.

En verano cuando las precipitaciones son más bajas y las temperaturas son muy elevadas, la humedad relativa tiende a disminuir alcanzando niveles más bajos. En invierno y primavera cuando las temperaturas no son muy elevadas y son más frecuentes las precipitaciones, la humedad relativa tiende a aumentar sobre todo en las épocas de lluvias y niebla.

En la siguiente tabla se representan los valores medios mensuales/anuales de humedad expresados en porcentaje desde el año 2015 hasta el año 2020. Se ha seleccionado este intervalo de tiempo debido a la disponibilidad de datos.

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

Tabla 3: Tabla de valores medios mensuales/anuales (2015-2020) de humedad relativa. Fuente: AEMET

	Mes	Humedad relativa (%)
Promedio 2015-2020	Enero	70.0
	Febrero	65.2
	Marzo	62.2
	Abril	57.0
	Mayo	45.3
	Junio	35.2
	Julio	31.3
	Agosto	34.0
	Septiembre	44.7
	Octubre	53.0
	Noviembre	67.7
	Diciembre	69.2

2.1.5. Viento

Las condiciones del viento varían según la temporada y la topografía local. En líneas generales la región de Cambil no se caracteriza por vientos extremadamente fuertes y persistentes debido a que es una zona que está protegida por la cordillera de Sierra Mágina.

La parte más ventosa del año dura 3,8 meses con velocidades promedio del viento de 10,8 km/h. El mes más ventoso es abril, con vientos a una velocidad promedio de 12 km/h. La época más calmada dura 8,2 meses, en donde el mes más calmado del año es septiembre con vientos a una velocidad promedio de 9,3 km/h.

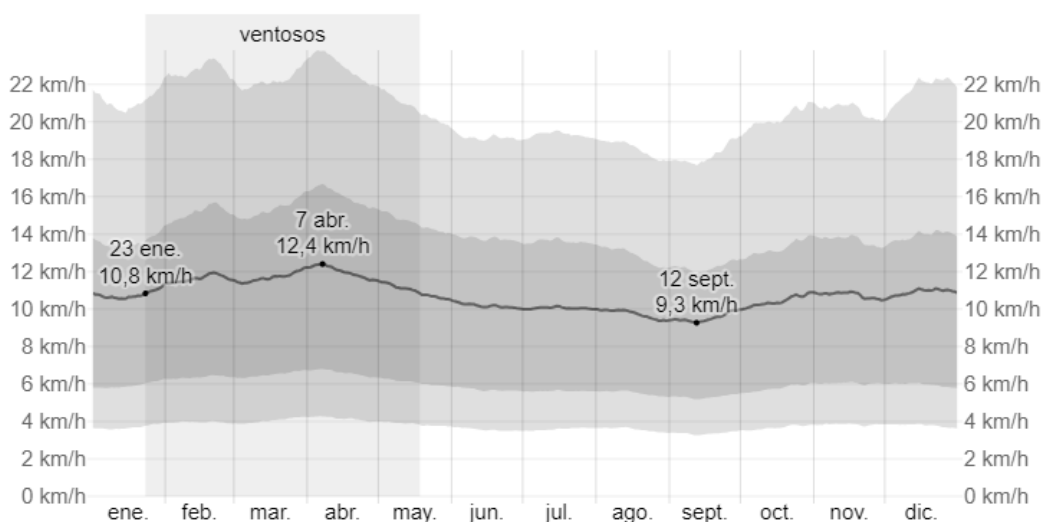


Ilustración 2: Velocidad promedio del viento en Cambil. Fuente: Wheaterspark

Durante las épocas veraniegas, los vientos tienden a ser de ligeros a moderados. Estos vientos rara vez alcanzan velocidades significativas por lo que no afectará

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

negativamente a la instalación de paneles fotovoltaicos. En invierno los vientos pueden llegar a ser más variables y proceden del oeste y noroeste durante la llegada de los frentes fríos. Del mismo modo, las velocidades no son extremas por lo que tampoco supone un problema desde el punto de vista de la instalación.

Tabla 4: Promedio de la velocidad media del viento en Cambil. Fuente: Wheaterspark

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Velocidad del viento (km/h)	10.8	11.6	11.7	12	11	10.2	10.1	9.7	9.5	10.4	10.8	10.9

2.1.6. Nubosidad

En Cambil, el promedio del porcentaje del cielo cubierto con nubes varía considerablemente a lo largo del año y es un factor a tener en cuenta que está relacionado con la radiación solar disponible para el sistema fotovoltaico.

Durante la mayor parte del año, la nubosidad es baja especialmente durante los meses de verano cuando los cielos suelen estar despejados y soleados, lo que proporciona condiciones óptimas para la obtención de energía solar. Esta etapa suele durar aproximadamente 3 meses, en el cual el mes más despejado es julio ya que, en promedio, el cielo está despejado, mayormente despejado o parcialmente nublado el 91% del tiempo, por lo que se considera a esta etapa óptima.

Durante los meses de invierno y primavera la nubosidad puede ocurrir con mayor frecuencia, aumentando la posibilidad de formación de nubes altas y medias. El mes más nublado en Cambil es diciembre, durante el cual en promedio el cielo está nublado el 48% del tiempo. Estas condiciones pueden provocar una menor irradiación solar, sin embargo, teniendo en cuenta que los días nublados anuales se consideran cuando hay más del 80% del cielo cubierto, en esta localización se contabilizan 71 días nublados al año, lo que supone solamente el 20% del tiempo a lo largo de todo el año, por lo que se puede considerar a Cambil una opción favorable para la instalación de paneles fotovoltaicos.

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

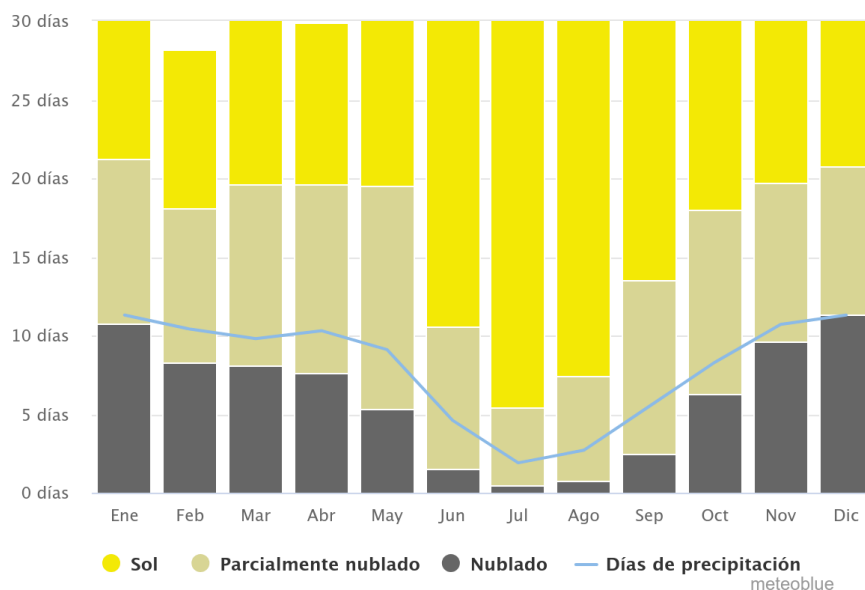


Ilustración 3: Número de días de sol, nublados, parcialmente nublados y precipitaciones a lo largo del año en Cambil. Fuente: Meteoblue

2.1.7. Radiación, duración de horas de sol y energía solar

La radiación es la energía electromagnética emitida por el sol; dicha energía no alcanza la superficie terrestre de manera constante, su cantidad varía durante el día, dependiendo de la estación y de la nubosidad, además del ángulo de incidencia y de la reflectancia de las superficies. La cantidad de radiación que llega a la Tierra es bastante estable, en torno a 1.367 W/m. Al atravesar la atmósfera, sufre una atenuación dependiente de la longitud del camino recorrido.

La radiación global es aquella que incide sobre un metro cuadrado de superficie horizontal y es el resultado de la suma de radiación directa, radiación difusa y radiación reflejada.

- Radiación directa: es la radiación que llega directamente desde el sol a la Tierra sin ser dispersada por la atmósfera. Es la componente más directa y concentrada de la radiación solar.
- Radiación difusa: es la radiación solar que se dispersa en la atmósfera debido al contacto con partículas atmosféricas, moléculas de aire, nubes, etc.
- Radiación reflejada: es la radiación que rebota en las superficies y es reflejada hacia el espacio. Parte de este tipo de radiación, es reflejada por el suelo, edificios o vegetación. Las superficies horizontales no reciben ninguna radiación reflejada porque no ven ninguna superficie terrestre. Al contrario, ocurre con las superficies verticales que son las que reciben radiación reflejada.

Es importante también distinguir entre la irradiación y la irradiancia. El primer término se refiere a la cantidad de energía que incide sobre una superficie en un

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

periodo de tiempo específico y cuyas unidades son kWh/m². El segundo concepto hace referencia a la densidad de potencia que llega a una superficie por unidad de tiempo y de área, por tanto, se expresa en unidades de potencia como W/m².

A continuación, se muestra la tabla que presenta los datos de radiación global, directa y difusa expresados en kWh/m²/día en la provincia de Jaén obtenidos de AEMET.

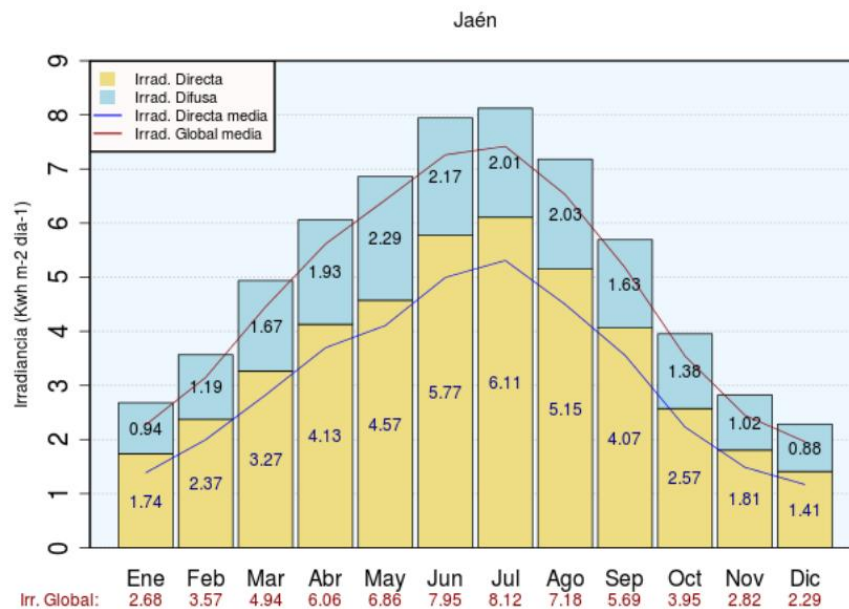


Ilustración 4: Irradiancia global, directa y difusa en la provincia de Jaén. Fuente: AEMET

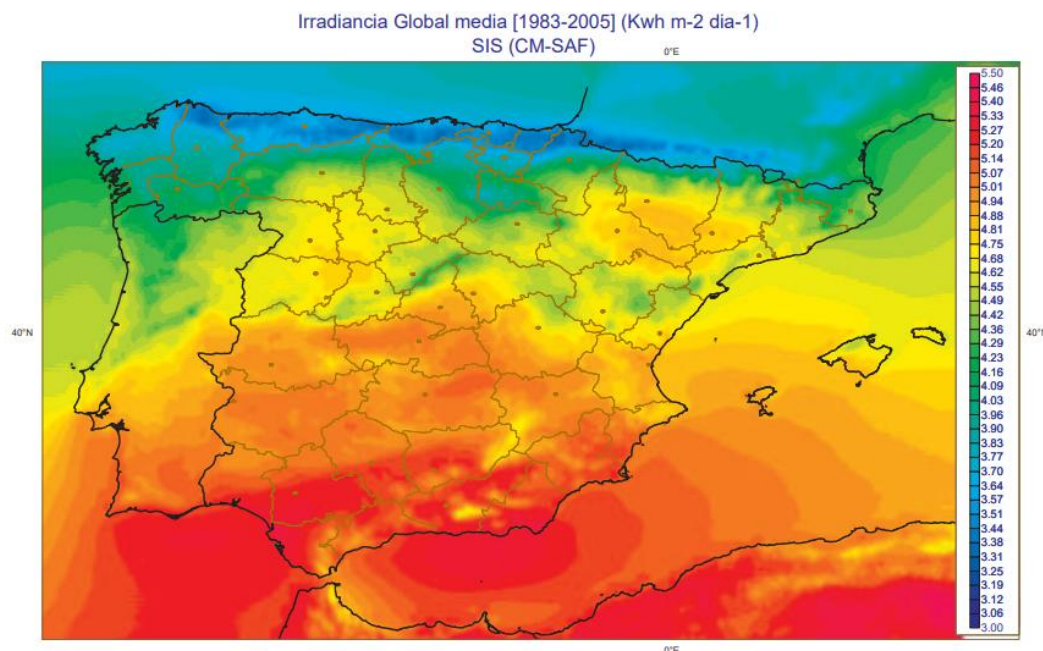


Ilustración 5: Mapa de irradiación global media de España (1983-2005). Fuente: AEMET

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

Como se puede visualizar en el mapa de la irradiancia global media histórica de España desde el año 1983 hasta el año 2005, los valores en Jaén varían en un intervalo de 5,15 kWh a 5,46 kWh por metro cuadrado y día, lo que indica que esta provincia recibe una de las irradiancias más elevadas de todo el territorio nacional, lo que la convierte en una localización adecuada para este tipo de proyecto.

En cuanto a la duración del día en Cambil, es variable a lo largo de todo el año. En 2024 el día más corto tuvo una duración de 9 horas y 33 minutos de luz natural. El día más largo tuvo lugar en junio con una duración de 14 horas y 46 minutos.

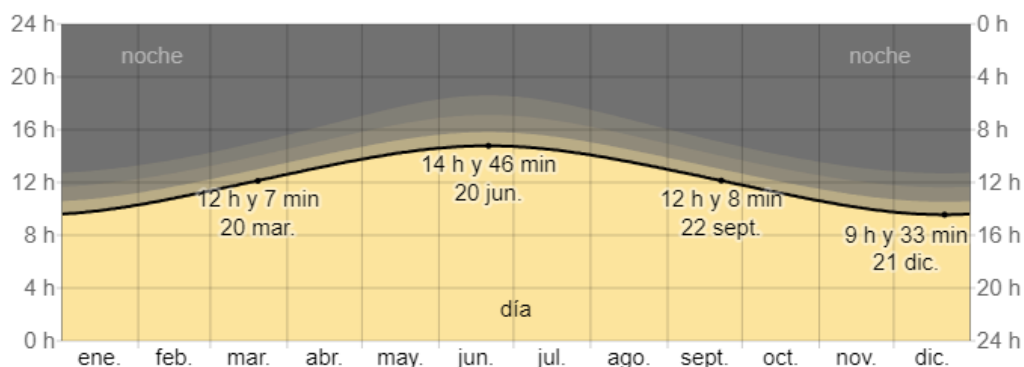


Ilustración 6: Cantidad de horas durante las cuales el sol está visible (línea negra). De abajo (más amarillo) hacia arriba (más gris), las bandas de color indican: luz natural total, crepúsculo (civil, náutico y astronómico) y noche total. Fuente: Wheaterspark

El sol emite energía en forma de radiación de onda corta principalmente en la banda del ultravioleta, visible y cercano al infrarrojo, con longitudes de onda que oscilan entre 0,2 y 3 μm . En Cambil la energía solar de onda corta incidente promedio diaria tiene variaciones estacionales extremas durante el año. El periodo más resplandeciente dura 3,3 meses con una energía de onda corta incidente diario promedio por metro cuadrado superior a 7 kWh/m². El mes más resplandeciente es julio con 8,4 kWh/m².

El periodo más oscuro del año dura 3,5 meses con una energía de onda corta diaria promedio por metro cuadrado de menos de 3,6 kWh/m². El mes más oscuro del año en Cambil es diciembre con un promedio de 2,3 kWh/m².

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

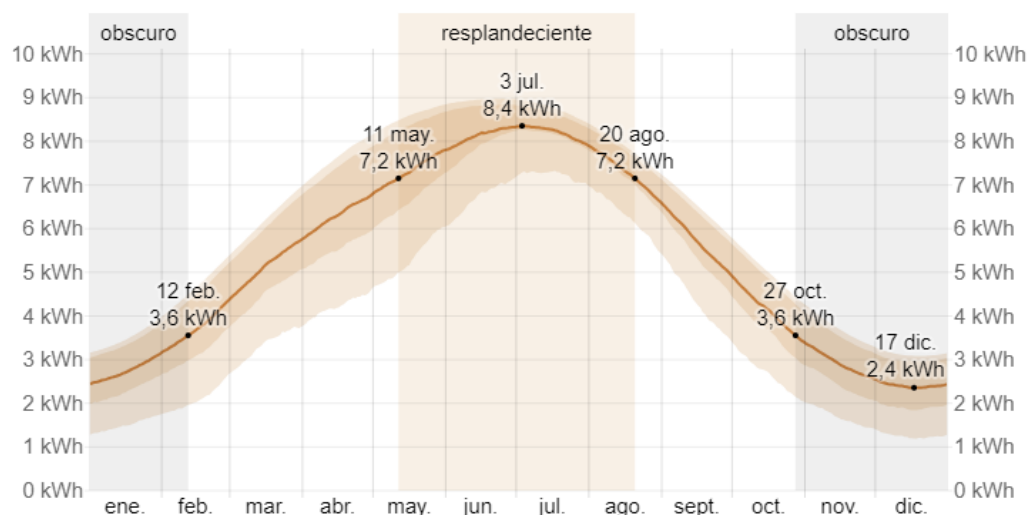


Ilustración 7: La energía solar de onda corta promedio diario que llega a la tierra por metro cuadrado (línea anaranjada), con las bandas de percentiles 25° a 75° y 10° a 90°. Fuente: Weatherspark

2.2. Condicionantes externos

2.2.1. Características demográficas

Según los datos procedentes del INE (Instituto Nacional de Estadística) del año 2023, la población de Cambil se sitúa en aproximadamente 2.643 habitantes. Esta cifra ha mostrado una tendencia decreciente en los últimos años lo que refleja cual ha sido la dinámica demográfica del municipio, con una población envejecida y una tasa de natalidad baja.

Como la extensión superficial de Cambil es de 139,78 km² se estima que la densidad de población de este municipio es de 18,89 habitantes por kilómetro cuadrado.

La distribución por edades muestra una estructura diversa ya que el porcentaje de población menor de 20 años es del 16% mientras que el porcentaje de población mayor de 65 años es del 23,2%.

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

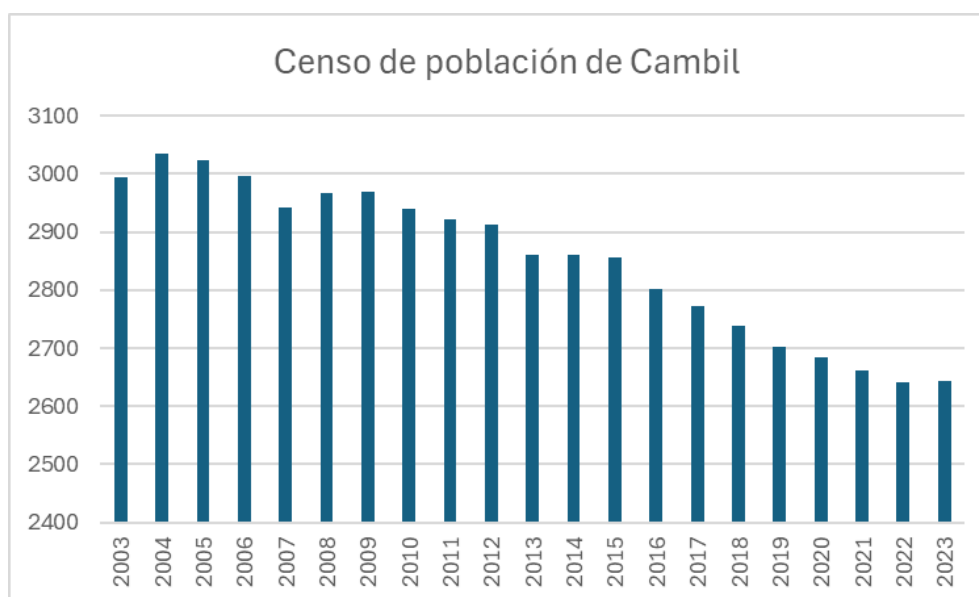


Ilustración 8: Censo poblacional de Cambil (2003-2023). Fuente: INE y elaboración propia

2.2.2. Características económicas

La actividad económica depende principalmente del sector agrario, en el que el olivar, las ganaderías caprinas, ovinas y porcinas, junto a la industria almazarera componen mayoritariamente la renta de sus habitantes. La superficie cultivada en este municipio es de aproximadamente 5.000 ha en donde los principales cultivos son el olivo, los cereales y el viñedo.

En la siguiente tabla se puede apreciar como la actividad económica de Jaén ha crecido aproximadamente un 5,6% en el PIB per cápita en el año 2021 con respecto al año 2019 después de experimentar un pequeño descenso en el año 2020 probablemente debido a la pandemia por COVID-19.

Además, en los últimos años está creciendo el sector terciario de la zona que incluye algunas actividades como el turismo rural, el comercio y otros servicios, lo que indica una diversificación en las actividades económicas del municipio.

Tabla 5: Anuario estadístico de Andalucía con los datos estadísticos de PIB nominal, población y PIB per cápita de la provincia de Jaén (2019-2021) Fuente: Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía y elaboración propia

	2021	2020	2019
PIB a precios de mercado (miles de euros)	11,754,569.00	10,675,734.00	11,170,612.00
Población (miles de personas)	625.5	629	630.1
PIB per cápita (€/habitante)	18,791.00	16,972.00	17,728.00

2.2.3. Condicionantes legislativos

La instalación del sistema de paneles fotovoltaicos en la provincia de Cambil está sujeta a una serie de normativas y regulaciones a nivel europeo, estatal y autonómico. A continuación, se describen las principales normativas en cada uno de los niveles para la correcta ejecución del proyecto:

2.2.3.1. Normativa europea

- Directiva 2002/91/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundida)
- Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). La presente Directiva establece requisitos en relación con:
 - a) el marco común general de una metodología de cálculo de la eficiencia energética integrada de los edificios o de unidades del edificio.
 - b) la aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de los edificios nuevos o de nuevas unidades del edificio.
 - c) la aplicación de requisitos mínimos a la eficiencia energética de:
 - i) edificios y unidades y elementos de edificios existentes que sean objeto de reformas importantes.
 - ii) elementos de construcción que formen parte de la envolvente del edificio y tengan repercusiones significativas sobre la eficiencia energética de tal envolvente cuando se modernicen o sustituyan.
 - iii) instalaciones técnicas de los edificios cuando se instalen, sustituyan o mejoren.
 - d) los planes nacionales destinados a aumentar el número de edificios de consumo de energía casi nulo.
 - e) la certificación energética de los edificios o de unidades del edificio.
 - f) la inspección periódica de las instalaciones de calefacción y aire acondicionado de edificios.
 - g) los sistemas de control independiente de los certificados de eficiencia energética y de los informes de inspección.

2.2.3.2. Normativa estatal

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

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexiones de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.
- Documento Básico HE: Ahorro de Energía

2.2.3.3. Normativa autonómica

- Ley 2/2007, de 27 de marzo, de fomento de las energías renovables y del ahorro y eficiencia energética de Andalucía.
- Orden de 26 de marzo de 2007, por la que se aprueban las especificaciones técnicas de las instalaciones fotovoltaicas andaluzas.
- Ley 7/2007, de 9 de julio de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental.
- Decreto 50/2008, de 19 de febrero, por el que se regulan los procedimientos administrativos referidos a las instalaciones de energía solar fotovoltaica emplazadas en la Comunidad Autónoma de Andalucía.

3. ESTUDIO DEL SECTOR DEL ACEITE DE OLIVA

3.1. Análisis del sector oleico a nivel mundial

España es el principal país productor en el mercado de aceite de oliva que se caracteriza por una tendencia creciente del consumo gracias a sus propiedades beneficiosas desde el punto de vista nutritivo y de la salud. Los principales países en cuanto a producción mundial además de España son Turquía, Túnez, Italia y Grecia que juntos representan alrededor del 75% de la producción mundial. La demanda del aceite de oliva se ha incrementado por todo el mundo impulsada por el crecimiento de la industria alimentaria, la popularidad de la dieta mediterránea y la tendencia en el mercado hacia nuevos productos naturales y orgánicos.

La UE produce aproximadamente el 67% del aceite de oliva mundial. Alrededor de 4 millones de hectáreas, principalmente en los países mediterráneos de la UE, se dedican al cultivo de olivos en plantaciones tradicionales, intensivas y superintensivas.

Sin embargo, en los últimos años el sector se ha visto afectado por una serie de factores que han provocado el aumento de los precios debido a una inflación mundial que ha aumentado los costos de fabricación, además de las malas cosechas causadas por la sequía y las olas de calor.

Aun así, el sector del aceite de oliva sigue siendo importante a nivel mundial, de hecho, el mercado estadounidense se ha convertido en el segundo mayor consumidor del mundo de aceite de oliva, solo por detrás de la Unión Europea.

En cuanto al comercio, la Comunidad Europea representa alrededor del 65% de las exportaciones mundiales de aceite de oliva.

Tabla 6: Principales productores de aceite de oliva del mundo 2022/23. Fuente: International Olive Council

PAIS	PRODUCCION DE ACEITE DE OLIVA (Miles de Tn)
España	665,8
Turquía	380
Grecia	345
Italia	240,9
Túnez	180
Portugal	126
Siria	125
Marruecos	107
Argelia	75
Egipto	40
Argentina	31

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

Jordania	25,5
-----------------	------

3.2. Análisis del sector oleico en España

El sector del aceite de oliva es un pilar fundamental en el sistema agroalimentario español. España es el país líder mundial en cuanto a superficie, producción y comercio exterior de aceite de oliva debido a la gran tradición olivarera existente en el país y a una industria tecnológicamente avanzada y profesional capaz de obtener aceites de gran calidad. La producción española de aceite de oliva supone el 70% de la producción de la UE y el 45% de la mundial.

Además de la indiscutible importancia económica del sector, la industria oleica tiene también una gran repercusión a nivel social, ambiental y territorial.

En España, la superficie destinada a olivar abarca 2.768.297 hectáreas de las cuales 2.550.000 hectáreas pertenecen a olivar de almazara (93% del total del olivar). La producción del cultivo está presente prácticamente en todas las comunidades autónomas, pero es en Andalucía donde se concentra la mayor región productora con 1.671.000 hectáreas aproximadamente. A nivel regional, la producción de aceite de oliva se localiza en Andalucía con el 80% del total, donde Jaén es la principal provincia productora con aproximadamente el 37% del total, seguida de Castilla La Mancha con el 8% y de Extremadura con el 4% del total nacional (MAPA, 2023).

Tabla 7: Superficie de cultivo de olivo en las CCAA. Fuente: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos del año 2022. MAPA

COMUNIDAD AUTONOMA	SUPERFICIE (Ha)
Castilla y León	6.633
Madrid	29.938
Castilla La Mancha	447.042
Andalucía	1.671.180
Aragón	61.051
Extremadura	292.396
La Rioja	3.481
Comunidad Valenciana	93.727
Región de Murcia	28.473
Galicia	59
Navarra	10.015
Baleares	9.079
Cataluña	114.272
Canarias	597
Asturias	0
Cantabria	0
País Vasco	322
España	2.768.267

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

Un 38,2% de la superficie de olivar de almazara en la comunidad de Andalucía se localiza en la provincia de Jaén, municipio en el cual se desarrolla este proyecto, rondando las 600.000 ha. Por detrás se sitúan las provincias de Córdoba y Sevilla con el 23% y el 12% respectivamente. Estas tres provincias suponen tres cuartas partes del olivar de almazara de Andalucía.

Tabla 8: Superficie de cultivo de olivo en Andalucía (2022) Fuente: Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos (MAPA)

PROVINCIA	SUPERFICIE (Ha)
Almería	36.391
Cádiz	38.906
Córdoba	374.405
Granada	212.406
Huelva	25.420
Jaén	593.268
Málaga	146.401
Sevilla	243.983

Por tanto, es importante señalar y ubicar a Andalucía como la principal región productora de aceite de oliva del mundo con una producción anual de aproximadamente 800.000 toneladas por campaña, por lo que dicho sector es fundamental para la economía andaluza con un impacto muy importante en el empleo y el desarrollo rural de la región.

4. ESTUDIO DEL SECTOR ENERGÉTICO

4.1. Situación energética a nivel mundial.

La demanda energética a nivel mundial está creciendo debido al aumento de la población, el desarrollo económico y la urbanización. La energía es el núcleo del desarrollo, ya que da lugar a nuevas inversiones, proyectos de innovación y de ello también depende la prosperidad de las industrias, entre ellas, la agroalimentaria, la cual está relacionada con este proyecto.

Actualmente los combustibles fósiles (petróleo, gas natural, carbón) siguen siendo la principal fuente de energía a nivel mundial.

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

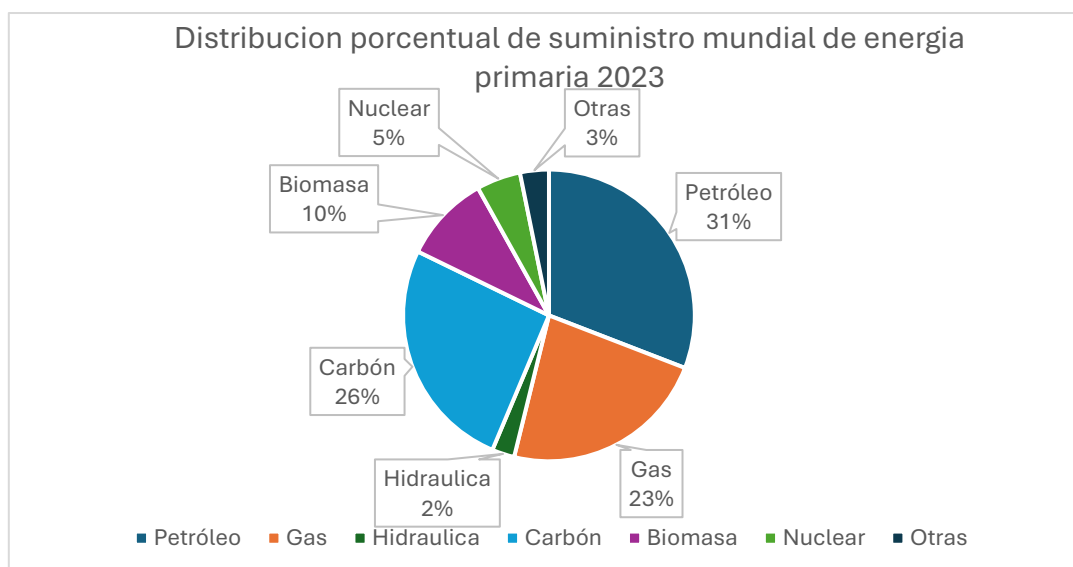


Ilustración 9: Distribución porcentual mundial de suministro de energía primaria en el año 2023.
Fuente: Statista

Como se puede deducir de la Ilustración 9, las fuentes de energía que utilizan combustibles fósiles todavía suponen un alto porcentaje cercano al 80%. El petróleo lidera con un 30,9 %, le sigue el carbón con un 25,9 % y en tercer lugar estaría el gas natural con un 23 %, mientras que las energías renovables abarcan aproximadamente un 15% de la distribución del consumo.

Sin embargo, la situación energética actual a nivel mundial presenta varios desafíos causados por la guerra de Ucrania y la pandemia del COVID-19 que han originado la volatilidad de los precios de la energía en todo el mundo, lo que ha llevado a los gobiernos a tomar medidas para reducir la dependencia de los combustibles fósiles y aumentar la eficiencia energética y el fomento de energías renovables.

El uso de nuevas tecnologías renovables a nivel mundial, como la eólica o la fotovoltaica, ha seguido creciendo en los últimos años. Según la Agencia Internacional de la Energía (IEA) en su último informe publicado en el 2023, asegura que las energías renovables dominarán el crecimiento de suministro de electricidad durante los próximos tres años, por lo que se espera que las economías avanzadas busquen expandir el uso de la electricidad para desplazar los combustibles fósiles en sectores como el transporte, la calefacción y la industria.

Aun así, según el informe realizado por la Agencia Internacional de Energías Renovables (IRENA), el uso de fuentes de energía renovable debería crecer a un ritmo seis veces mayor para cumplir con los objetivos marcados en el Acuerdo de París 2015 y de esta manera mantener el incremento de la temperatura media del planeta por debajo de los 2°C. Es por ello por lo que el presente proyecto sirve como ejemplo de cómo acciones concretas pueden contribuir a la consecución de los objetivos a nivel mundial para conseguir un futuro más sostenible.

En el siguiente gráfico se puede visualizar los países con los valores de potencia solar fotovoltaica instalada más altos del mundo:

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

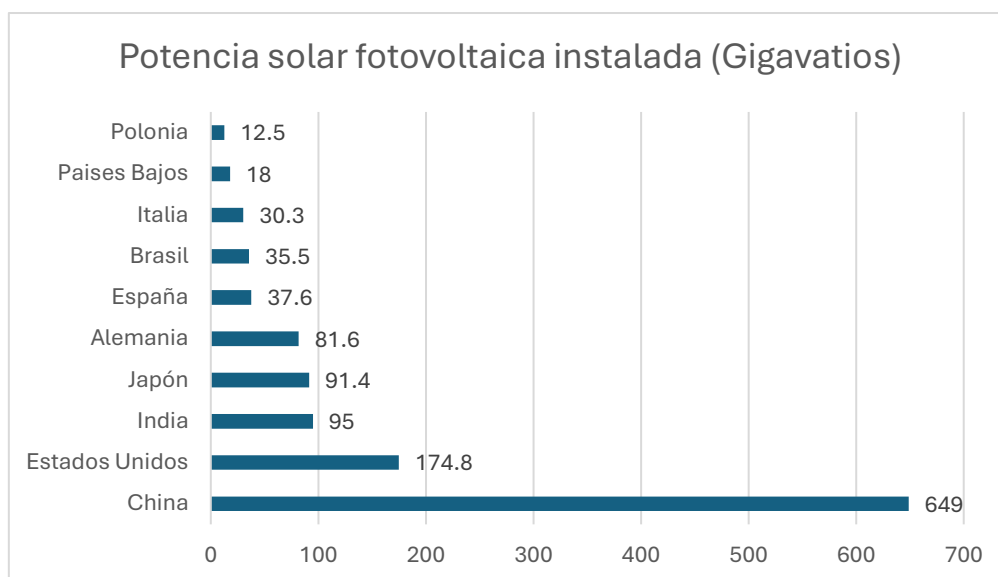


Ilustración 10: Ranking mundial de los países con mayor potencia solar fotovoltaica instalada en 2023. Fuente: Statista y elaboración propia

4.2. Situación energética a nivel europeo.

Hoy en día, Europa depende en gran medida de los combustibles fósiles importados, principalmente el gas natural para cubrir sus necesidades. Sin embargo, la situación actual en la que se encuentra sumergido el continente debido a la invasión de Rusia en Ucrania ha supuesto un desafío al que hacer frente encontrando nuevas fuentes de suministro alternativas.

La dependencia de los productos del petróleo sigue siendo la principal fuente con aproximadamente un 35%. El gas natural se sitúa en torno al 25% y los combustibles fósiles sólidos superan el 10%.

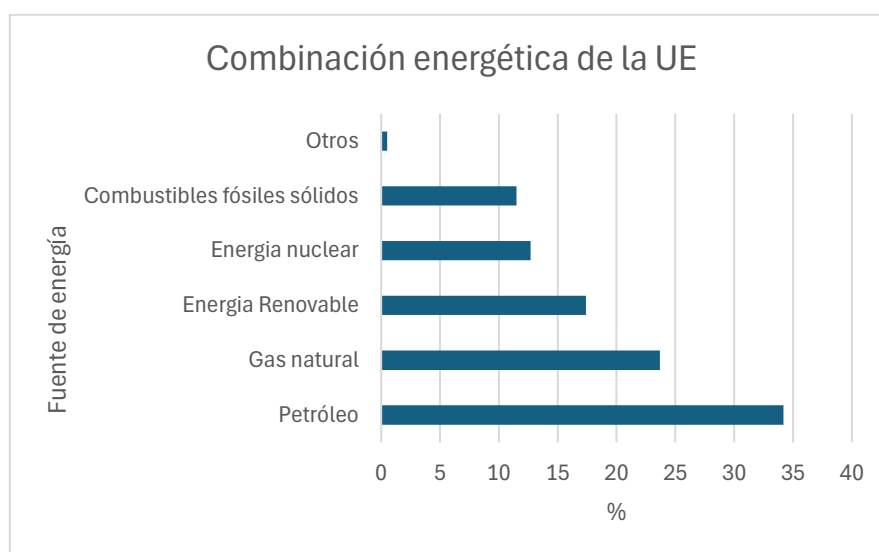


Ilustración 11: Combinación energética de la UE en el año 2022. Fuente: European Environment Agency

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

La UE redujo drásticamente la dependencia de los combustibles fósiles rusos eliminando gradualmente las importaciones de carbón, reduciendo las importaciones de petróleo en un 90% y disminuyendo las importaciones de gas de 155.000 millones de metros cúbicos en 2021 a alrededor de 80.000 millones en 2022 y unos 45.000 millones en 2023.

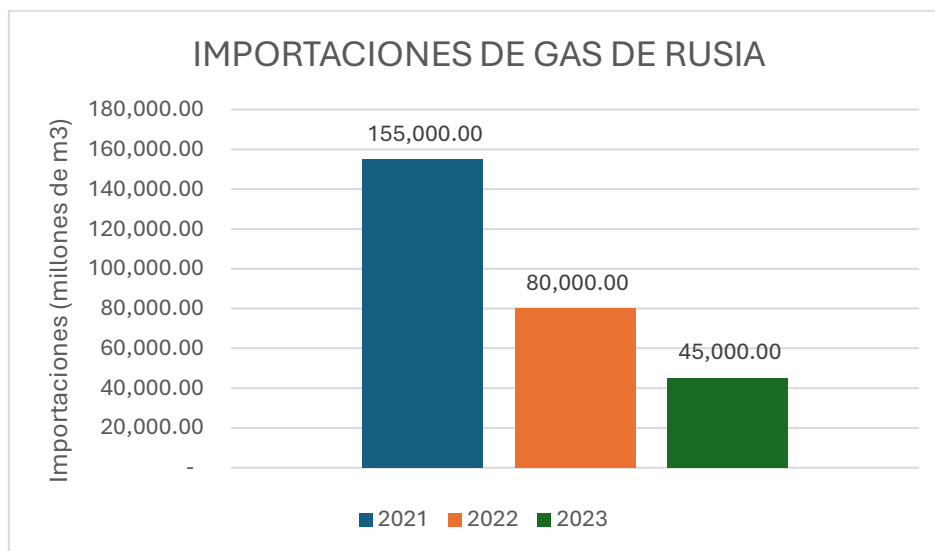


Ilustración 12: Importaciones de gas procedente de Rusia en los últimos tres años. Fuente: Comisión Europea

Las energías renovables generadas en la UE han reducido la dependencia energética exterior, incrementando la seguridad en el suministro. La previsión para el año 2030 es que las importaciones disminuyan en torno al 25% respecto a 2015. Por esta razón se ha aprovechado la crisis energética para acelerar la transición hacia fuentes de energía renovables. En el año 2023 la Unión Europea produjo más electricidad a partir de energía eólica y solar que de combustibles fósiles (Comisión Europea, 2023).

En el año 2022, la capacidad solar fotovoltaica superó los +41 GW lo que supone un incremento del 60% respecto al año anterior. En este mismo año, el 39% de la electricidad se generó mediante energías renovables, y en mayo del 2022, la energía eólica y solar superaron por primera vez a los combustibles fósiles en la generación de electricidad en la UE (Comisión Europea, 2023).

En la actualidad Europa se encuentra en un proceso de descarbonización de su economía, con el objetivo de alcanzar la neutralidad climática en el año 2050.

4.3. Situación energética en España

España, al igual que la mayoría de los países de la Unión Europea y del resto del mundo, tiene una alta dependencia de combustibles fósiles principalmente gas natural y petróleo. Históricamente se ha caracterizado por su escasez de recursos energéticos, principalmente de los mencionados combustibles fósiles lo que ha ocasionado una situación de dependencia exterior traducándose en una situación de déficit.

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

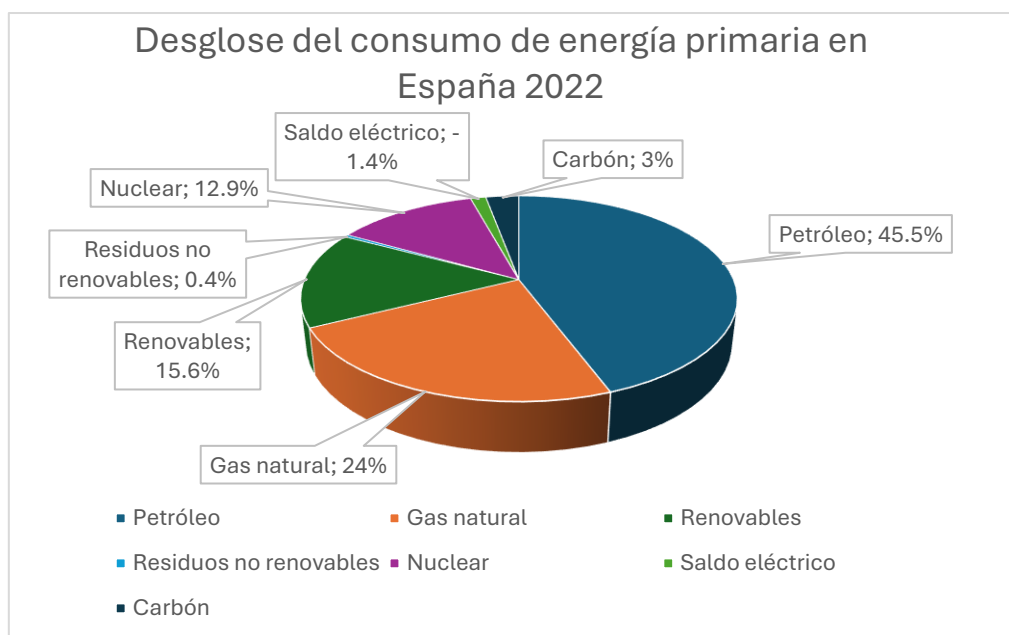


Ilustración 13: Distribución porcentual del consumo de energía primaria en España en 2022. Fuente: MITERD

Como se puede apreciar en el gráfico, las principales fuentes de energía primaria siguen siendo el petróleo con un 45,5% y el gas natural con, alrededor del 24%.

El consumo de gas natural estuvo muy influido por la actividad económica del país, principalmente por el sector industrial. Sin embargo, en el año 2022 su consumo se vio afectado por la situación bélica en Europa lo que redujo su consumo en un 3%. Por el contrario, el carbón, que en los últimos años su consumo se había estabilizado, en el 2022 experimento un aumento debido a la necesidad de generar más electricidad para su exportación a Europa.

En los últimos años España ha experimentado un crecimiento significativo en la producción de energía renovable como la solar, eólica, hidroeléctrica y biomasa.

Tabla 9: Consumo de energía primaria en España en 2021-2022 por tecnología renovable. Fuente: MITECO

Tecnología	2021 (ktep)	2022 (ktep)	Δ 2022/2021 (%)
Hidráulica	2.547	1.512	-40,6%
Eólica	5.336	5.399	1,2%
Solar fotovoltaica	1.885	2.682	42,3%
Solar térmica	1.686	1.526	-9,5%
Energía del mar	1,6	2,0	21,1%
Geotérmica	0,2	0,2	0%
Biomasa	5.278	5.298	0,4%
Biogás	326	333	2,3%
RSU (renovables)	283	284	0,3%
Biocombustibles	1.409	1.364	-3,2%

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

En lo referente a las energías renovables en el último año, según los datos del Balance Energético del 2022, se confirma un ligero cambio en la tendencia creciente que venía produciéndose en los últimos años, con 18.753 ktep en 2021 que ha descendido en 2022 a 18.400 ktep debido a las escasas precipitaciones que ha reducido en más de un 40% los aportes de las centrales hidroeléctricas. Este descenso es tal, que, aunque la energía fotovoltaica sigue creciendo, el consumo de energías renovables cayó en el año 2022 un 1,9% respecto al 2021.

En concreto, el sector de la energía solar fotovoltaica en España ha continuado creciendo a lo largo de los últimos 13 años. En la Ilustración 14 se puede observar como desde el 2010 hasta el 2019 la generación de energía fotovoltaica se mantuvo en cierto modo constante, en un intervalo de 6,4 y 9,2 GWh, y es a partir del 2020 donde se observa un crecimiento significativo hasta la actualidad. Esto quiere decir que la generación de este tipo de energía se multiplicó por seis desde el 2010, mostrando una clara tendencia creciente.

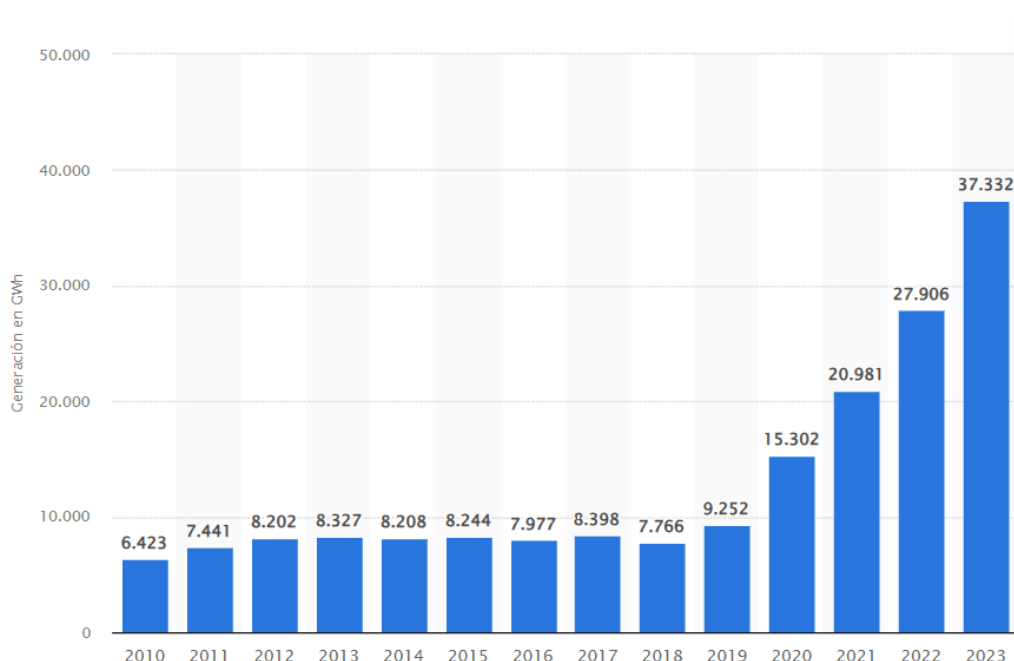


Ilustración 14: Energía solar fotovoltaica generada en España de 2010 a 2023 (en gigavatios-hora).

Fuente: Statista

En líneas generales, la energía solar fotovoltaica mantuvo su tendencia al alza en 2023 debido al crecimiento de su potencia año tras año. Se espera que esta tendencia se mantenga en los próximos años.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AEMET. (2024). *Centro de descargas de productos AEMET*. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET)
<https://opendata.aemet.es/centrodedescargas/productosAEMET?>
- Climate-Data.org. (2024). *Clima Cambil: Temperatura, Climograma y Tabla Climática para Cambil*. <https://es.climate-data.org/europe/espana/andalucia/cambil-487904/#climate-graph>
- WeatherSpark. (2024). *Clima promedio en Cambil, España, durante todo el año*.
<https://es.weatherspark.com/y/36681/Clima-promedio-en-Cambil-Espa%C3%B1a-durante-todo-el-a%C3%B1o>
- Meteoblue. (2024). *Clima modelado en Cambil, España*.
https://www.meteoblue.com/es/tiempo/historyclimate/climatemodelled/cambil_espa%C3%B1a_2520476
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. 2024.
<https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=23018>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (2024).
https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/badea/operaciones/consulta/anual/38595?CodOper=b3_6&codConsulta=38595
- Censolar (2022). *Normativa fotovoltaica 2022*.
<https://www.censolar.org/normativa-fotovoltaica-2022/>
- IDAE. (2024). *Directiva europea de sostenibilidad sobre biocarburantes*. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).
<https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biocarburantes/sostenibilidad/directiva-europea-de>
- European Commission. (2023). *Olive Oil*.
https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/olive-oil_es

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2023). *Aceite de oliva y aceituna de mesa*. <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/aceite-oliva-y-aceituna-mesa/aceite.aspx>
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2022). *Boletín de estadísticas agrarias 2022*. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/boletin2022_tcm30-667379.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) (2023). *Resultados provisionales del ESYRCE 2023*. https://www.mapa.gob.es/es/estadistica/temas/estadisticas-agrarias/resultados_provisionales_esyrce2023_tcm30-673287.pdf
- International Olive Oil Council (IOOC). (2023). *HO-W901-13-12-2023-P*. <https://www.internationaloliveoil.org/wp-content/uploads/2023/12/HO-W901-13-12-2023-P.pdf>
- Statista. (2023). *Producción de aceite de oliva en países seleccionados*. <https://es.statista.com/estadisticas/1292021/produccion-de-aceite-de-oliva-en-paises-seleccionados/>
- Statista. (2023). *El sector energético en España*. <https://es.statista.com/temas/7651/el-sector-energetico-en-espana/#topicOverview>
- Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico (MITECO). (2023). *Balance energético de España 2021 y 2022*. https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/energia/files-1/balances/Balances/Documents/balance-20231218/Balance%20Energetico%20Espa%C3%B1a%202021%20y%202022_v0.pdf

ANEJO 1: ANÁLISIS Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN DE PARTIDA

- International Energy Agency (IEA). (2023). *World Energy Outlook 2023: Executive Summary*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2023/executive-summary?language=es>
- Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA). (2022). *Situación de la energía apunta las bases de la transición energética*. <https://www.eea.europa.eu/es/senales/senales-2022/articulos/situacion-la-energia-apuntala-las>
- Comisión Europea. (2023). *La Comisión Europea presenta su informe sobre la transición energética*. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_23_5188

ANEJO 2

-

INGENIERÍA DEL PROCESO

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

ÍNDICE

1. ESTUDIO DE LAS MATERIAS PRIMAS	5
1.1. Naturaleza de las materias primas	5
1.2. Materiales auxiliares	6
1.3. Balance de materias primas y materiales auxiliares	9
1.4. Residuos y subproductos	11
2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROCESO PRODUCTIVO	13
2.1. Programa productivo	13
2.2. Proceso productivo	13
2.2.1. Recolección, transporte y recepción en la almazara.....	13
2.2.2. Limpieza y lavado	14
2.2.3. Pesaje y toma de muestras	14
2.2.4. Almacenamiento	15
2.2.5. Molienda.....	15
2.2.6. Batido	16
2.2.7. Separación de fases.....	16
2.2.8. Almacenamiento en depósitos	18
2.2.9. Envasado y etiquetado	18
2.3. Diagrama de flujo del proceso productivo	19
3. BALANCE DE MATERIA	20
3.1. Balance de materia por operación	20
3.2. Balance de materia total	21
4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	22

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Tapón Pilfer y tapón de polietileno	8
Ilustración 2: Principales residuos generados en la producción de aceite de oliva y tipo de valorización en la gestión de residuos. Fuente: Junta de Andalucía	12
Ilustración 3: Etiqueta de Denominación de Origen Protegida Sierra Mágina	18
Ilustración 4: Etiqueta de Denominación de Origen Protegida Sierra Mágina	19
Ilustración 5: Diagrama del flujo productivo de la almazara. Elaboración propia	19

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Variedades de aceituna en España según su uso. Elaboración propia	5
Tabla 2: Características de los envases. Fuente: elaboración propia	7
Tabla 3: Envases que se comercializan en la almazara	7
Tabla 4: Calendario del proceso productivo de la almazara. Elaboración propia.....	13
Tabla 5: Cuadro resumen del balance de materia por operaciones. Elaboración propia	20

1. ESTUDIO DE LAS MATERIAS PRIMAS

1.1. Naturaleza de las materias primas

En el proceso productivo de la almazara Trujal de Mágina, la principal materia prima que se utiliza en el proceso de transformación es la aceituna, la cual es bastante importante para determinar la calidad del aceite de oliva virgen extra. La aceituna u oliva es una drupa carnosa, cuyo tamaño puede variar y solo posee una única semilla en el interior. Pertenece a la familia *Oleaceae*. Es el fruto del olivo (*Olea europea*) y son la fuente natural de aceite de oliva. Las aceitunas pueden presentar diferentes variedades y características, dependiendo de factores como clima, el suelo, la región en donde se encuentre el cultivo y el momento de la cosecha. Esto será importante ya que determinará el sabor y la calidad del producto resultante.

Las aceitunas están compuestas principalmente por:

- Agua: alrededor del 70% de su peso
- Aceite: 18-25% de su peso, principalmente ácido oleico.
- Hidratos de carbono: 1%, principalmente fructosa y galactosa
- Proteínas: entre 0,8-1,5% de su peso
- Fibra: alrededor de 4,4-5% de su peso
- Vitaminas y minerales: contiene vitaminas A, E y B, además de sodio, potasio, calcio y magnesio principalmente

En España existen algunas variedades de aceituna, aunque es importante distinguir si son utilizadas en almazara o de mesa como destino final.

Tabla 1: Variedades de aceituna en España según su uso. Elaboración propia

VARIEDAD	DESTINO
Picual	ALMAZARA
Arbequina	
Empeltre	
Cornicabra	
Picudo	
Lechin sevillana	
Farga	
Royal	
Gordal	MESA
Manzanilla	
Hojiblanca	DOBLE APTITUD
Verdial de Badajoz	
Cacereña	

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

En la almazara de este proyecto, con la principal variedad con la que se trabaja es la Picual, la cual es la más extendida en España con un alto contenido en aceite y un sabor amargo y picante.

La variedad picual es una de las más importantes en el territorio nacional ya que ocupa más de 850.000 hectáreas en Andalucía, donde su presencia en Jaén supone alrededor del 95% de las plantaciones de olivo. Tiene un tamaño mediano, con forma elíptica y maduración temprana. Es una variedad tolerante al frío, a la salinidad y al exceso de humedad del suelo. Presenta elevada capacidad de brotación tras podas severas. Alcanza la maduración de manera precoz y es apta para la recolección mecánica (MAPA, 2023). Por estas razones, la variedad picual es una de las más valoradas por los agricultores dentro del sector.

1.2. Materiales auxiliares

En la producción de aceite de oliva, además de la materia principal que es la aceituna, se utilizan otros materiales auxiliares necesarios para la producción de aceite de oliva. Algunos de estos materiales son:

- Agua: es un elemento fundamental en varias etapas del proceso productivo. Es necesario para el lavado de las aceitunas, el ajuste de la humedad de la masa, la limpieza de los equipos, y la refrigeración durante la extracción de aceite. En esta almazara se hace uso de agua potable para evitar la contaminación de las materias primas y de los productos.
- Sales minerales: como, por ejemplo, NaCl (cloruro de sodio), que se utiliza para mejorar la conservación de las aceitunas en la almazara.
- Envases: necesarios para el almacenamiento, embalaje y transporte del aceite de oliva. La cooperativa de la almazara comercializa el producto en envases de varios tamaños y de diferentes materiales como el vidrio, la lata y el PET.




ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

Tabla 2: Características de los envases. Fuente: elaboración propia

MATERIAL	CARACTERISTICAS
Vidrio	<p>El vidrio previene la oxidación del aceite. Evita la infiltración de grasa, gases y otros productos contaminantes. Protege al aceite de oliva de rayos UV de la luz. Rígido. Fomenta la economía circular.</p>
Lata	<p>Otorga resistencia al producto. Evita infiltraciones de grasas, gases y contaminantes. Protege de radiación UV de la luz</p>
PET	<p>Ofrece seguridad y comodidad. Ofrece resistencia al producto ya que es un material irrompible ante los golpes. Capacidad de reciclado. Bajo precio.</p>

La almazara pone en el mercado el aceite de oliva en varios tipos de envases: 100, 250, 500, 750 ml en vidrio, 1, 2,5 y 5 L en lata y 5 L en PET.

Tabla 3: Envases que se comercializan en la almazara

TIPO DE ENVASE	CAPACIDAD	IMAGEN
Vidrio	100 ml 250 ml 500 ml 750 ml	
Lata	1 L 2,5 L 5 L	
PET	5 L	

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

- Tapones: este material cumple con la función de mantener precintado los envases para evitar pérdidas de aceite debido a posibles golpes durante el almacenamiento o el transporte del producto. Esta almazara usa los tapones Pilfer para los envases de vidrio y los tapones de polietileno para los envases PET.



Ilustración 1: Tapón Pilfer y tapón de polietileno

- Etiquetas: en ellas viene reflejada la información con relación al tipo de aceite, origen, empresa productora, lote, fecha de consumo preferente y normas de conservación.
- Cajas de cartón: se utilizan para el correcto almacenamiento y transporte de las botellas de aceite de oliva. Se encuentran plegadas listas para montaje. Dependiendo del tamaño de la botella se usan dos tipos de cajas.

TIPO	UNIDADES POR CAJA	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)
Vidrio	12	21	16	25,5
Lata	3	49,5	17,5	36
PET	3	49,5	17,5	36



- Palets: en la almazara se hace uso del palet europeo. Este tipo de armazón de plástico o madera se utiliza para facilitar el transporte de las cajas de cartón con los envases de aceite colocados.

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

- Film de paletizado: es un film de polietileno de baja densidad cuya función es mantener compactadas las cajas de cartón con los envases y así poder evitar caídas que se puedan producir a la hora transportarlas en el palet.

1.3. Balance de materias primas y materiales auxiliares

- Aceitunas: la almazara de la cooperativa está diseñada para la recepción de 1.500.000 kg de aceitunas. Teniendo en cuenta que la media en aceitunas de gran calibre y rendimiento es de 5kg de aceituna para la obtención de 1 litro de aceite:

$$\text{Litros de aceite} = 1.500.000 \text{ kg de aceituna} \times \frac{1 \text{ litro de aceite}}{5 \text{ kg de aceituna}} = 300.000 \text{ litros}$$

Se debe tener en cuenta que la densidad del aceite de oliva es de 0,918 kg/litro, por tanto, los kilogramos de aceite obtenido son:

$$\text{Kg de aceite} = 1.500.000 \text{ kg de aceituna} \times \frac{1 \text{ litro de aceite}}{5 \text{ kg de aceituna}} \times \frac{0,918 \text{ kg}}{1 \text{ litro}} = 275.400 \text{ kg de aceite}$$

- Agua: es importante considerar que el agua se utiliza para varios procesos durante la transformación, principalmente en el lavado y también en el proceso de extracción.

Por tanto, se tiene en cuenta que se utiliza alrededor de 10 litros de agua por cada 100 kg de aceituna para el lavado:

$$\text{Agua de lavado} = \frac{10 \text{ l agua}}{100 \text{ kg aceituna}} \times 1.500.000 \text{ kg aceituna} = 150.000 \text{ l}$$

Para el lavado del aceite, será necesario un 20% del caudal de aceite que entre en la centrifuga:

$$\text{Agua de lavado de aceite} = 300.000 \text{ l aceite} \times \frac{20 \text{ l agua}}{100 \text{ l aceite}} = 60.000 \text{ l agua}$$

El gasto total aproximado de agua en estas dos operaciones que son las que suponen mayor consumo en el proceso productivo sería de 210 m³ de agua.

- Envases: debido a que en la almazara se comercializa distintas capacidades de aceite de oliva embotellado en vidrio, se toma como referencia una capacidad promedio de 500 ml por botella. Se estima que el 20% del aceite obtenido se envasa en vidrio por lo que:

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

$$300.000 \text{ l} \times 0,20 = 60.000 \text{ l embotellados en vidrio}$$

$$\frac{60.000 \text{ l}}{0,5 \text{ l/envase}} = 120.000 \text{ envases de vidrio}$$

También se envasa el aceite en latas metálicas, y del mismo modo que en el caso anterior, debido a que se comercializan tres tamaños diferentes en este tipo de material, se tomará como referencia la lata de 2,5 litros ya que es la que más se comercializa. Se estima que el 40% de aceite se envasa en lata, por tanto:

$$300.000 \text{ l} \times 0,40 = 120.000 \text{ l embotellados en lata}$$

$$\frac{120.000 \text{ l}}{2,5 \text{ l/envase}} = 48.000 \text{ envases de lata}$$

Por último, la almazara también produce aceite de oliva en botellas de PET de 5 litros y se estima que el 40% de aceite restante se envasa en este tipo de material, por lo que:

$$300.000 \text{ l} \times 0,40 = 120.000 \text{ l embotellados en PET}$$

$$\frac{120.000 \text{ l}}{5 \text{ l/envase}} = 24.000 \text{ envases de PET}$$

- Tapones: tanto en envases de vidrio como de PET, el número de tapones es exactamente igual al número de envases producidos. Por el contrario, en los envases de lata metálica los tapones van directamente adheridos al envase y por ello no se deben contabilizar en este apartado.
- Etiquetas: se hace uso de una etiqueta por cada producto embotellado.
- Cajas de cartón: como se ha mencionado anteriormente, el número de cajas de cartón dependerá del tamaño del envase que se produzca. Los envases de vidrio van empaquetados en cajas de 12 unidades, los envases de lata en cajas de 3 unidades al igual que los envases de PET.

$$\frac{120.000 \text{ botellas de vidrio}}{12 \text{ botellas/caja}} = 10.000 \text{ cajas para vidrio}$$

$$\frac{48.000 \text{ envases de lata}}{3 \text{ envases/caja}} = 16.000 \text{ cajas para lata}$$

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

$$\frac{24.000 \text{ envases de PET}}{3 \text{ envases/caja}} = 8.000 \text{ cajas para PET}$$

- Palets: teniendo en cuenta el tamaño de las cajas de cartón de vidrio (21cm x 16cm x 25,5 cm), de lata y PET (49,5 cm x 17,5 cm x 36 cm) se utilizan palets con capacidad de 112 cajas para envases de vidrio y 40 cajas para envases de lata y PET. Por tanto, el número de palets necesarios son:

$$\frac{10.000 \text{ cajas para vidrio}}{112 \text{ cajas/palet}} = 90 \text{ palets}$$

$$\frac{16.000 \text{ cajas para lata}}{40 \text{ cajas/palet}} = 400 \text{ palets}$$

$$\frac{8.000 \text{ cajas para PET}}{40 \text{ cajas/palet}} = 200 \text{ palets}$$

El número total de palets que se utilizan en el proceso es de aproximadamente 690 unidades.

- Film de paletizado: considerando que se hace uso de film de embalaje de 2 kg y de 500 mm de ancho, se hace una estimación de 10 palets embalados por cada bobina de embalaje. Por tanto:

$$\frac{690 \text{ palets}}{10 \text{ palets/bobina}} = 69 \text{ bobinas de embalaje}$$

1.4. Residuos y subproductos

Durante el proceso de producción de aceite de oliva se generan subproductos y residuos de los cuales cabe destacar los siguientes:

- Hojín: es una mezcla entre hojas pequeñas y ramas, ambas generadas tanto en la explotación agraria con la actividad de poda de los olivos, como en la recolección y limpieza de las aceitunas antes de la extracción del aceite en la planta de procesamiento. Las hojas se aprovechan para alimentación animal en fresco, compostaje, generación de energía eléctrica, y en algunos casos se elimina mediante combustión.
- Orujo y alperujos: el orujo de aceituna, también llamado alperujo cuando procede de almazara de dos fases (sistema más generalizado en España), consiste en pulpa de aceituna, piel, hueso y agua, aunque las características

2. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DEL PROCESO PRODUCTIVO

2.1. Programa productivo

El programa productivo de la almazara establece el plan de actividades y procesos que se llevan a cabo durante el proceso de transformación. En la siguiente tabla se pueden observar las distintas etapas del proceso y su duración cronológica durante el año:

Tabla 4: Calendario del proceso productivo de la almazara. Elaboración propia

FECHA	OPERACIÓN
Enero	Transformación, almacenamiento y expedición
Febrero	Almacenamiento y expedición
Marzo	Almacenamiento y expedición
Abril	Mantenimiento de equipos y expedición
Mayo	Mantenimiento de equipos y expedición
Junio	Mantenimiento de equipos y expedición
Julio	Expedición
Agosto	Expedición
Septiembre	Expedición
Octubre	Mantenimiento de equipos y expedición
Noviembre	Recolección, transformación, almacenamiento y expedición
Diciembre	Recolección, transformación, almacenamiento y expedición

2.2. Proceso productivo

En este apartado, se analizan y se detallan cada una de las operaciones precisas para la elaboración de aceite de oliva virgen extra desde la recepción de la materia prima hasta su expedición como producto final. También se tendrá en cuenta los residuos y subproductos generados, así como los materiales auxiliares utilizados en la producción. La elaboración de aceite para este proyecto se realiza mediante el sistema continuo de dos fases.

2.2.1. Recolección, transporte y recepción en la almazara

La recolección es el primer paso esencial ya que influirá en la calidad del producto final. El proceso lo realizan los socios y agricultores de la cooperativa, que se encargarán de recolectar la aceituna para posteriormente trasladarla a la almazara. En un primer paso se realiza un muestreo para comprobar la calidad y salubridad de la materia prima. A continuación, se separan los frutos procedentes del suelo de las aceitunas de vuelo, ya

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

que está comprobado que aquellos frutos que se recogen del suelo tienden a tener un índice de acidez mucho más elevado y por tanto esto es un indicativo de baja calidad de la materia prima. También es importante realizar la cosecha en el momento óptimo. Según el Reglamento Especifico de Producción Integrada de Olivar en Andalucía, para olivar de almazara, la recolección se debe empezar con un índice de madurez 3, para que la gran mayoría de los frutos se cosechen en índice 4.

Después de asegurarse que las características y el estado sanitario son los adecuados, se procede a su transporte a la tolva de recepción de la almazara donde empieza el proceso de transformación. La almazara cuenta con una amplia zona de recepción que no ocasiona dificultades a la hora que tiene lugar la mayor parte de las entradas de materia prima.

2.2.2. Limpieza y lavado

Tras la primera clasificación, se procede al lavado de las aceitunas. La materia prima suele llegar a las almazaras en muchas ocasiones con suciedad e impurezas tales como el polvo, hojas, tierra, piedras y restos de tratamientos foliares que pueden dificultar el proceso de transformación por lo que es importante su eliminación. Cada línea de este proceso consta de:

- Una o dos tolvas de entrada en donde se basculan las aceitunas.
- Cintas transportadoras entre tolvas y maquinas.
- Maquina limpiadora.
- Maquina despalilladora.
- Maquina lavadora.
- Cintas transportadoras hasta el punto de espera o fabricación.

Las máquinas limpiadoras se encargan de eliminar las impurezas que presenta la aceituna y que normalmente supone entre el 7 y el 10% del peso del fruto. Se deja caer la materia prima en una tolva donde estarán expuestas a una corriente de aire provocada por un ventilador. Posteriormente pasa por la máquina despalilladora para eliminar las impurezas de mayor tamaño. De esta manera se completa el proceso de cribado.

Una vez finalizado el proceso de cribado, las aceitunas entran en contacto con las máquinas lavadoras mediante agua en duchas y flotación que permiten eliminar restos de tierra que no han sido separados en la etapa de cribado. En ningún caso, durante el proceso productivo de este proyecto se utiliza agua sucia para el lavado del fruto.

2.2.3. Pesaje y toma de muestras

Finalizado el proceso de limpieza y lavado, las aceitunas se transportan a través de una cinta transportadora hasta unas balanzas electrónicas que funcionan en un sistema de pesaje en continuo. Esto quiere decir que se dispone de un sistema de doble tolva que

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

contabiliza el peso introducido en ellas y que se abren cuando se alcanza la cantidad determinada. Inmediatamente se procede a realizar una toma de muestras para analizar la calidad del fruto. Las determinaciones analíticas serán: humedad y contenido de aceite de la aceituna debiéndose conservar un registro de los datos de las determinaciones efectuadas de cada muestra.

2.2.4. Almacenamiento

Una vez limpio y realizado el pesaje del fruto es necesario almacenarlo en tolvas de espera hasta el momento de molturación. Estas tolvas se disponen para evitar los denominados “cuellos de botella” en la temporada alta de cosecha donde es probable que la velocidad de llegada de la aceituna sea mayor que la producción de aceite. Cabe destacar que la aceituna debe permanecer el menor tiempo posible en las tolvas de almacenaje ya que de lo contrario podrían dar lugar a fermentaciones y maceraciones no deseadas que pueden dañar el sabor del fruto y originar olores desagradables afectando a la calidad final del producto.

2.2.5. Molienda

La extracción de aceite de oliva contenido en el fruto requiere de la rotura de los tejidos vegetales donde se encuentra contenido el aceite. Esta extracción se realiza mediante la molienda. Esta fase es esencial, ya que de su adecuada ejecución dependerá el rendimiento final del proceso y las características del producto obtenido. Es importante tener en cuenta que, a la hora de realizar la molienda, se debe intentar alcanzar la mayor uniformidad posible con el objetivo de incrementar la efectividad de las operaciones. También se pondrá especial atención a la aireación, limitando en la medida de lo posible el tiempo de contacto de la masa con el aire para evitar oxidaciones no deseadas. Además, se tendrá en cuenta la velocidad de funcionamiento del molino, puesto que velocidades demasiado altas pueden provocar un calentamiento excesivo del aceite produciendo a su vez reacciones bioquímicas desfavorables para la calidad del producto. La almazara cuenta con un sistema de molinos de martillos metálicos para la realización de este proceso. El molino de martillos consta de una cruceta a cuyo extremo van unidas las cabezas de los martillos y de una camisa perforada que los envuelve. Los martillos giran, golpeando la aceituna, y cuando alcanzan un tamaño lo suficientemente pequeño, se produce su salida en forma de pasta por las perforaciones de la criba. El molino está previsto de un alimentador con motovariador de la velocidad para graduar el caudal de entrada del fruto.

2.2.6. Batido

En el fruto, el aceite se encuentra fundamentalmente en la pulpa (90%) y el resto en la semilla. Alrededor del 80% del aceite que se encuentra contenido en las vacuolas de las células de la pulpa de la aceituna puede ser extraído en función del sistema de elaboración. Es por esta razón que la pasta procedente de la molturación se bate con el objetivo de romper las películas interfaciales, permitiendo la rotura de las emulsiones y dando lugar a la aparición de aceite libre.

La eficiencia del batido de la pasta depende fundamentalmente de las características de la propia pasta y de las condiciones de batido de esta: tiempo, temperatura, velocidad y adición de coadyuvantes tecnológicos.

En cuanto al tiempo de batido hay que tener en cuenta que un tiempo de batido muy prolongado puede disminuir la concentración de los polifenoles afectando a la calidad y estabilidad del aceite.

Por lo que concierne a la temperatura, la viscosidad del aceite depende de esta, por lo que, si aumenta la temperatura, entonces la viscosidad disminuirá y esto facilita la extracción de aceite. Sin embargo, un exceso de temperatura puede ser perjudicial ya que puede dar lugar a oxidaciones y de esta manera facilitar la pérdida de componentes volátiles, con aumento de alcoholes grasos superiores. Es por esta razón que la temperatura adecuada es de 25-30°C en la pasta.

Referente a la velocidad de batido, si es excesiva favorece las emulsiones.

En general, las batidoras en el sector almazarero suelen ser horizontales y verticales según el eje de rotación de las paletas. En el presente proyecto, se hace uso de batidoras de tipo horizontal, al ser las más comunes en la actualidad.

2.2.7. Separación de fases

En la actualidad existen dos métodos para la extracción de aceite de oliva en las almazaras: extracción por presión y extracción por centrifugación.

El modelo utilizado en la almazara de este proyecto es el segundo, es decir, la extracción por centrifugación ya que es la metodología más actual. El método tradicional por presión no es el más adecuado en la actualidad ya que requiere de una elevada mano de obra y tiempos excesivos de procesado.

La almazara funciona con el sistema de centrifugación continuo, para la separación de fases sólidas y líquidas que se hacen mediante centrifugas horizontales o decanter, basadas en la teoría de la centrifugación. Se denomina un proceso continuo ya que tanto la inyección de la masa como la separación de fases se hacen sin necesidad de parar la máquina centrifugadora.

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

Dentro de este sistema de centrifugado se distingue:

- Sistema continuo de 3 fases:

El sistema de tres fases consta de un decanter horizontal de tres salidas. En el decanter se introduce la pasta de la aceituna con vapor de agua caliente y posteriormente se centrifuga, obteniéndose así, aceite, alpechín y orujo. Para limpiar el aceite de los restos de alpechín se dispone de dos centrifugas verticales adaptadas a cada una de estas fases.

En términos energéticos, el sistema de tres fases es menos eficiente económicamente ya que es necesaria una segunda centrifugación y además la incorporación de agua caliente para introducir la pasta de aceituna en el decanter.

- Sistema continuo de 2 fases:

En este sistema la mezcla obtenida del batido de la molienda se centrifuga directamente. Los residuos sólidos y líquidos de la molienda salen juntos, formándose una pasta que se denomina alperujo (mezcla de alpechín y orujo).

En este sistema de dos fases el residuo es mucho más fácil de gestionar.

El sistema continuo de dos fases tiene grandes ventajas como el ahorro de agua y ahorro energético debido a que se requiere únicamente de una centrifuga vertical y no es necesaria la inyección de agua caliente en el decanter.

El sistema decanter consiste en un rotor de tronco cónico y cilíndrico en cuyo interior se encuentra un tornillo sinfín. Este tornillo gira a menos revoluciones por minuto que el rotor, pero en el mismo sentido. Esta diferencia de velocidad entre el rotor y el tornillo es lo que posibilita el desplazamiento de los sólidos en sentido inverso al del avance del paso de hélice. Por el contrario, los líquidos son desplazados por el tornillo en sentido inverso.

En la ejecución de la fase productiva de este proyecto se utiliza un sistema continuo de dos fases debido a su mayor eficiencia económica que permite un ahorro energético mencionado anteriormente además de un uso más eficiente de agua y una mejor gestión de residuos ya que no se genera alpechín y por tanto se respeta mejor el medioambiente.

Una vez realizada la separación de la fase líquida y la sólida, tiene lugar la separación de las fases líquida-líquida.

Los aceites que salen del decanter tienen una cierta cantidad de humedad e impurezas. Para limpiar este aceite se utilizan las centrifugas verticales. El procedimiento es el siguiente: se introduce el aceite de forma continua en un bol mediante un tubo de alimentación y se va incrementando la velocidad de giro hasta aproximadamente unas 6500 rpm. El aceite se centrifuga mediante una pequeña proporción de agua para facilitar la separación debido a la diferencia de densidades.

2.2.8. Almacenamiento en depósitos

El proceso de almacenamiento supone una fase de maduración del aceite de oliva extraído, ya que durante esta etapa va perdiendo el amargor característico adquirido tras la extracción en el sistema de dos fases. Durante el almacenamiento en el tanque, el aceite se estabiliza debido a que las impurezas que pueda contener precipitan al fondo del depósito.

Los tanques para almacenar el aceite están contruidos con materiales totalmente impermeables, con el objetivo de que el producto no absorba olores ni sabores defectuosos y no se disuelvan sustancias que podrían contaminar o producir fenómenos de oxidación (presencia de metales) en los aceites. El tanque debe proteger al aceite de la luz y el aire, ya que estos factores aceleran la alteración del producto. Además, debe mantener el aceite a una temperatura casi constante (sobre los 15-18°C), evitando cambios bruscos. Temperaturas demasiado bajas pueden contribuir a la congelación del aceite, y temperaturas demasiado altas puede dar lugar a la oxidación de este.

2.2.9. Envasado y etiquetado

Antes de envasar el aceite debe filtrarse para retener impurezas que pudieran quedar suspendidas. Después de un correcto proceso de elaboración y almacenamiento, una filtración será suficiente para que el aceite sea mucho más limpio y brillante.

Para este proyecto debido a que se trata de un aceite con Denominación de Origen Protegida, el proceso de envasado debe realizarse en el lugar del área geográfica definida, por tanto, se lleva a cabo en la misma almazara. Es por esta misma razón, que el embotellado se realizará dentro de los 45 días posteriores al certificado de idoneidad y se embotellará en una capacidad que no exceda los 5 litros.

El etiquetado se realiza de tal modo que cumpla con la normativa vigente. En todas las etiquetas figurará el logo de la denominación y la mención: “Denominación de Origen Protegida Sierra Mágina”. Los envases en los que se expida para su consumo, el aceite protegido irá previsto de precinto de garantía y contraetiquetas numeradas con el logotipo de la Denominación de Origen facilitadas por el Órgano de Control, de manera que no sea posible una nueva utilización.



Ilustración 3: Etiqueta de Denominación de Origen Protegida Sierra Mágina



Ilustración 4: Etiqueta de Denominación de Origen Protegida Sierra Mágina

2.3. Diagrama de flujo del proceso productivo

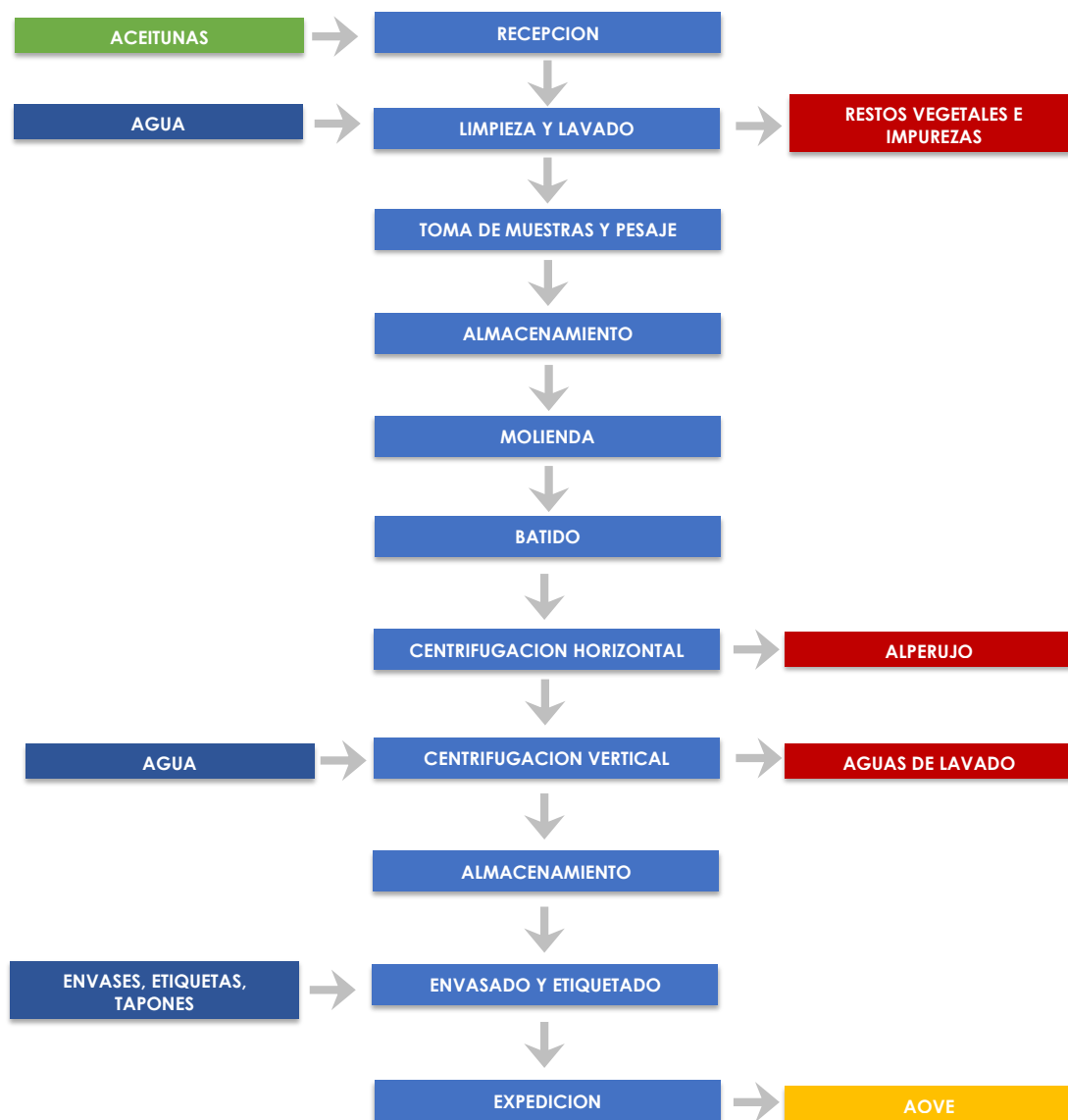


Ilustración 5: Diagrama del flujo productivo de la almazara. Elaboración propia

3. BALANCE DE MATERIA

3.1. Balance de materia por operación

El balance de materiales del proceso de producción de una industria almazarera para la obtención de aceite de oliva implica tener en cuenta la cantidad de materiales de entrada y salida dentro del proceso. En la siguiente tabla se puede apreciar un resumen del balance de materia en cada etapa:

Tabla 5: Cuadro resumen del balance de materia por operaciones. Elaboración propia

ENTRADAS	OPERACIÓN	SALIDA
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.500.000 kg de aceitunas ➤ 150.000 L de agua 	Limpieza y lavado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg aceituna limpia ➤ 45.000 kg de impurezas ➤ 150.000 L de agua
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg de aceituna limpia 	Molienda	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg de pasta
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 1.455.000 kg de pasta 	Centrifugación horizontal	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.100 L aceite sucio ➤ 1.134.900 kg de alperujo
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.000 L aceite sucio ➤ 60.000 L agua 	Centrifugación vertical	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.000 L aceite ➤ 60.000 L agua de lavado
<ul style="list-style-type: none"> ➤ 320.000 L aceite 	Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 300.000 L AOVE ➤ 20.000 L de impurezas

Para realizar este balance se ha tenido en cuenta que la variedad Picual tiene un rendimiento del proceso de transformación en torno al 20%, es decir, se precisan alrededor de 5 kg de aceituna para generar un litro de aceite de oliva virgen extra.

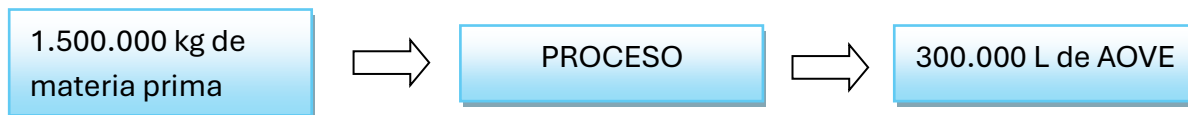
Se ha tenido en cuenta del mismo modo, que la cantidad de agua necesaria para el proceso de lavado es del 10% del contenido de materia prima entrante en la almazara, es decir, 150.000 litros de agua de lavado. Además, otro aspecto a tener en cuenta y por tanto contabilizarlo, es la cantidad de agua de lavado de aceite necesaria en el proceso de centrifugación, que es igual al 20% del caudal de aceite que entra en la centrifuga, es decir, 60.000 litros de agua.

En conclusión, la cantidad de aceite que sale de la centrifuga es de alrededor de 320.000 litros, pero hay que tomar en consideración que, tras el proceso de almacenamiento y filtrado, la cantidad de impurezas en forma de líquido es de aproximadamente 20.000

ANEJO 2: INGENIERÍA DEL PROCESO

litros, por lo que el volumen del producto final listo para ser comercializado es de 300.00 litros de AOVE.

3.2. Balance de materia total



4. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA). (2023). *La aceituna: Características y producción en España*.
https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/aceituna_tcm30-102885.pdf
- Junta de Andalucía. (s.f). *Elaboración de aceite*.
https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337166142Elaboracion_de_aceite.pdf
- Junta de Andalucía. (s.f). Recurso educativo: *La agricultura y el medio ambiente*.
<https://www.juntadeandalucia.es/educacion/vscripts/wbi/w/rec/4423.pdf>
- Esencia de Olivo. (2023). *Sistema moderno de producción de aceite de oliva*.
<http://www.esenciadeolivo.es/aceite-de-oliva/produccion/sistema-moderno-de-produccion/>
- Sierra Magina. (2024). *Portal oficial de Sierra Magina*. <https://sierramagina.org/>
- Cortijo La Torre. (s.f). *Proceso de extracción del aceite de oliva*.
<https://www.cortijolatorre.com/proceso-de-extraccion-del-aceite-de-oliva/>
- Apuntes del Grado en Ingeniería Agroambiental de la asignatura Problemática ambiental de las Industrias Agrarias.

ANEJO 3

-

CONSUMO ENERGÉTICO

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

ÍNDICE

1	SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN.....	5
2	DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ENERGÉTICA DE LA ALMAZARA.....	6
2.1	Descripción energética de la almazara.....	6
2.2	Desglose de consumos energéticos.....	7
2.3	Desglose de consumos eléctricos	10
2.4	Resumen del consumo eléctrico	12
3	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	13

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Localización de la parcela donde se encuentra la almazara. Fuente: SIGPAC	5
Ilustración 2: Cubierta de la almazara donde se instalan los módulos fotovoltaicos. Fuente: SIGPAC	6
Ilustración 3: Distribución de consumos en la almazara. Fuente: elaboración propia	7
Ilustración 4: Desglose del consumo eléctrico de la almazara. Fuente: elaboración propia	8
Ilustración 5: Desglose del consumo térmico de la almazara. Fuente: elaboración propia	8
Ilustración 6: Consumo mensual eléctrico de la almazara durante todo el año. Fuente: elaboración propia	10
Ilustración 7: Desglose del consumo eléctrico por periodos. Fuente: elaboración propia	12

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Balance de energía eléctrica de la almazara en un año. Fuente: elaboración propia	9
Tabla 2: Datos de la factura eléctrica Iberdrola S.A. Fuente: elaboración propia	10
Tabla 3: Datos de facturación de la tarifa 3.0TD. Fuente: IBERDROLA	11
Tabla 4: Datos de consumo mensual eléctrico por periodos en la almazara. Fuente: elaboración propia	11
Tabla 5: Cuadro resumen del consumo eléctrico anual de la almazara. Fuente: elaboración propia	12

1 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA INSTALACIÓN

La instalación de los módulos fotovoltaicos será ubicada estratégicamente en la cubierta de la almazara en el municipio de Cambil, provincia de Jaén (España). Se ha seleccionado esta zona de la fábrica debido a que es una superficie despejada, libre de sombras, ya que no existen edificios cercanos con una determinada altura como para dificultar la recepción de radiación solar. Por consiguiente, se aprovechará esta zona de las instalaciones para instalar los paneles aprovechando el espacio disponible y de esta manera, minimizar la necesidad de ocupar terrenos adicionales, ya que esto último es uno de los condicionantes que ha impuesto el promotor. El área de la cubierta es de 600 m².

La superficie de la parcela cuenta con aproximadamente 4.872 m², dentro de las cuales, el área ocupada por la totalidad del edificio es de 992 m². Es un área cercana a las zonas de cultivo de los olivares de la cooperativa. Las coordenadas geográficas de la zona de emplazamiento son 37° 41' 0.03" N y 3° 36' 11.20" W



Ilustración 1: Localización de la parcela donde se encuentra la almazara. Fuente: SIGPAC



Ilustración 2: Cubierta de la almazara donde se instalan los módulos fotovoltaicos. Fuente: SIGPAC

2 DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD ENERGÉTICA DE LA ALMAZARA

2.1 Descripción energética de la almazara

La actividad de la almazara implica un consumo de energía, tanto eléctrica como térmica para llevar a cabo los diferentes procesos en la producción de aceite de oliva.

El consumo eléctrico proviene del suministro general de la red eléctrica y se usa para alimentar equipos y maquinaria, así como para iluminar y climatizar las instalaciones. Principalmente, dicho consumo, se localiza en las fases de limpieza del fruto, en donde se hace uso de motores de cintas transportadoras, cribas, lavadoras, despalladoras, etc. También se usa gran parte de la energía eléctrica en las fases de molturación, en el proceso de molienda con molinos de martillos, así como el uso de centrifugas horizontales y verticales en la etapa de centrifugación.

Por otra parte, los consumos térmicos están destinados a satisfacer principalmente las necesidades de agua caliente para mantener la temperatura de la masa en la batidora en torno a los 25-28°C y la temperatura de la bodega entre 15-20°C, así como la adición de agua caliente a las centrifugas horizontales y verticales. Además, aunque en menor medida, es importante señalar que se hace uso de energía térmica para producir vapor y agua caliente para los procesos de esterilización y limpieza de los equipos y de las instalaciones.

El combustible utilizado en la almazara de la cooperativa suele ser generalmente el gasóleo.

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

Como se ha mencionado anteriormente, además de las fases del proceso, hay otras actividades que también consumen energía dentro de la almazara, como, por ejemplo, el suministro eléctrico a la oficina y al punto de venta, que suponen dos puestos de administración dentro de la fábrica. También hay que tener en cuenta el suministro destinado a la iluminación de la almazara, tanto de las instalaciones interiores como de exteriores. De igual modo, aunque supone un consumo menor, hay que prestar atención al suministro de energía eléctrica dedicado a la climatización general de la fábrica, mediante aerotermos y radiadores de agua situados en las bodegas para mantener la temperatura correcta de los depósitos de aceite.

2.2 Desglose de consumos energéticos

Como se ha comentado en el apartado anterior, la actividad energética de la almazara requiere de consumo eléctrico y térmico para llevar a cabo el proceso de producción. En la almazara de este proyecto, la energía eléctrica supone aproximadamente la mitad de la energía total consumida. La otra mitad corresponde a la utilización de gasóleo para abarcar las necesidades térmicas de la fábrica.

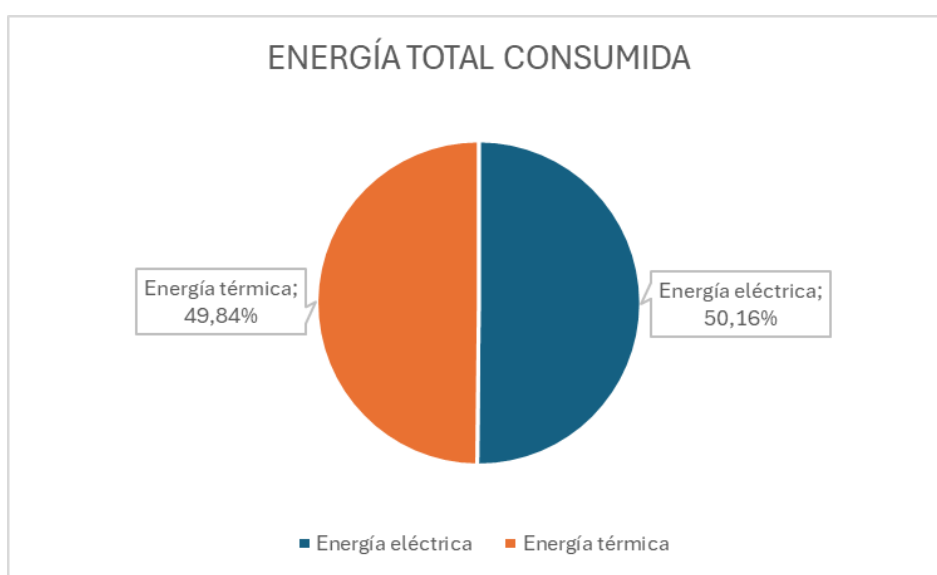


Ilustración 3: Distribución de consumos en la almazara. Fuente: elaboración propia

La distribución del consumo de electricidad en las distintas fases del proceso de producción está reflejada en la siguiente ilustración:

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

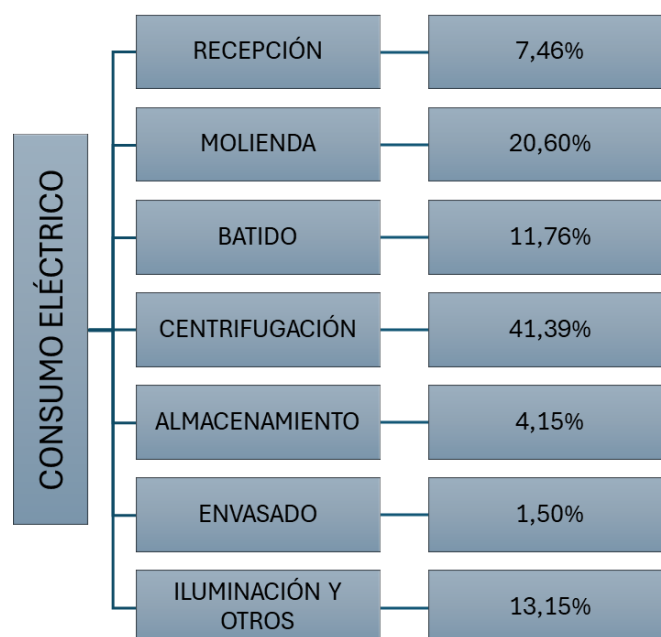


Ilustración 4: Desglose del consumo eléctrico de la almazara. Fuente: elaboración propia

Por otro lado, la distribución de consumo de energía térmica, que principalmente se utiliza en la fase de batido, almacenamiento en las bodegas y climatización, queda reflejada del siguiente modo:

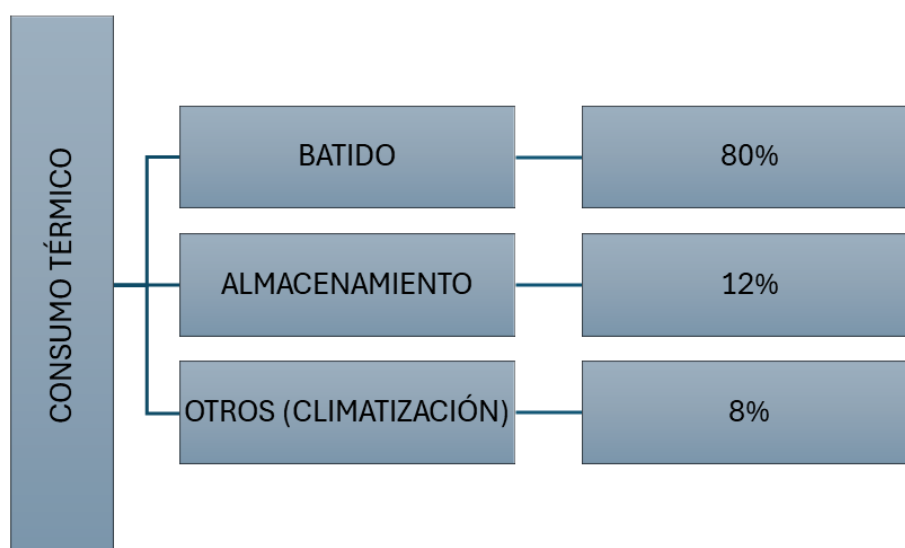


Ilustración 5: Desglose del consumo térmico de la almazara. Fuente: elaboración propia

A continuación, se muestra en la Tabla 1 el consumo eléctrico de la almazara dividido en las diferentes etapas del proceso, además de la maquinaria empleada que consume este tipo de energía, y una serie de factores que pueden dar lugar a un aumento de consumo en un momento determinado del proceso:

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

Tabla 1: Balance de energía eléctrica de la almazara en un año. Fuente: elaboración propia

Actividad del proceso	Maquinaria empleada	Factores que influyen en un aumento del consumo	Consumo eléctrico (kWh)
Recepción	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Limpiadoras ➤ Despalilladoras ➤ Lavadoras ➤ Tolvas ➤ Cintas transportadoras 	Estado de suciedad de la aceituna	6.080 kWh
Molienda y batido	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Molino de martillos ➤ Batidoras 	Temperatura de la aceituna y estado de maduración	26.372 kWh
Centrifugación	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Centrifugas horizontales ➤ Centrifugas verticales 	El decanter funciona siempre a las mismas revoluciones	33.730 kWh
Almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Depósitos de almacenamiento 	Temperatura ambiental	3.382 kWh
Envasado	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Envasadoras ➤ Etiquetadoras 	Formato de envase a utilizar	1.222 kWh
Iluminación y otros	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sistemas de iluminación ➤ Equipos informáticos 	Eficiencia en el uso de luces y aparatos electrónicos	10.717 kWh
TOTAL CONSUMO ELÉCTRICO ANUAL			81.500 kWh

De la tabla anterior se puede deducir que más de la tercera parte del consumo eléctrico se destina a la centrifugación de la pasta de aceituna (41%). A continuación, se sitúa el proceso de molienda con un consumo eléctrico de aproximadamente el 21%, que junto con el batido que abarca un 12% del consumo son los procesos que más necesidades de energía eléctrica tienen. Las tres fases de extracción (molienda, batido y centrifugación) representan el 74% del consumo eléctrico total. Le siguen las necesidades energéticas de las instalaciones auxiliares, incluidos los sistemas de iluminación con un consumo del 13%.

El consumo correspondiente a las fases de recepción suele ser algo variables ya que esto depende de la manera de operar en las diferentes almazaras. En este caso, en la almazara de la cooperativa, el porcentaje de consumo para esta fase del proceso ronda los 7,5%.

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

Finalmente, los procesos de almacenamiento y envasado suponen un 4,15% y un 1,5% respectivamente.

2.3 Desglose de consumos eléctricos

La Cooperativa tiene contratado el suministro eléctrico con la empresa IBERDROLA S.A., uno de los principales proveedores de energía en España. Teniendo en cuenta los datos correspondientes a la factura eléctrica del último año, se ha realizado un análisis del consumo eléctrico de la almazara.

Tabla 2: Datos de la factura eléctrica Iberdrola S.A. Fuente: elaboración propia

DATOS DE FACTURACIÓN						
COMPAÑÍA SUMINISTRADORA	Iberdrola S.A.					
POTENCIA CONTRATADA (kW)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
	50	50	50	50	50	50
TARIFA	3.0 TD					
CONSUMO ANUAL (kWh/año)	81.494 kWh/año					
COSTE ANUAL (€/año)	10.414,93 €/año					

Durante los meses que van desde noviembre hasta marzo, la actividad en la almazara alcanza su momento más intenso durante el año, ya que coincide con el comienzo de la temporada de recolección de la aceituna. A lo largo de este periodo la fábrica está en pleno funcionamiento recibiendo un flujo continuo de materia prima, y por tanto, la maquinaria también requiere de un consumo eléctrico más elevado. La siguiente gráfica recoge los datos de consumo eléctrico en cada mes a lo largo de todo el año:

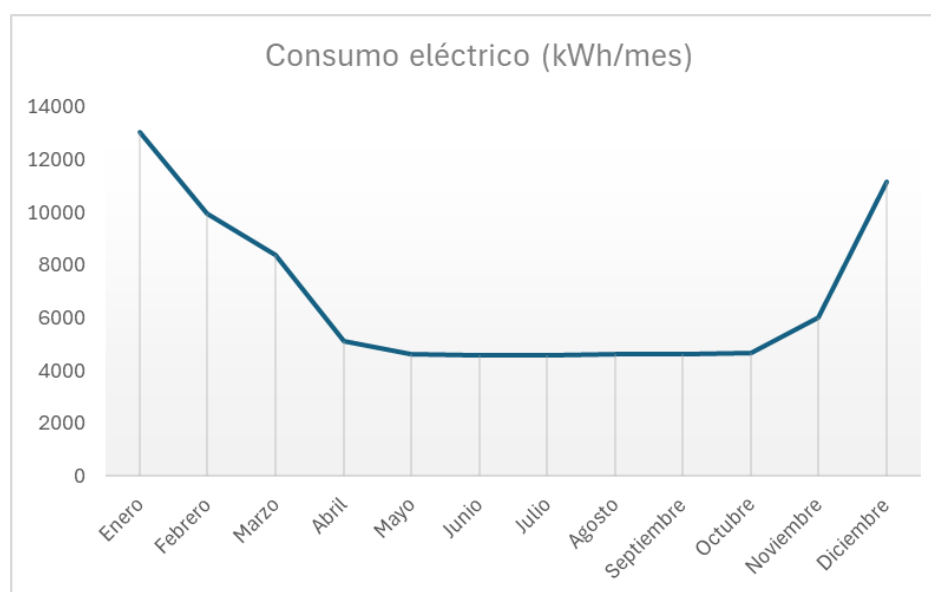


Ilustración 6: Consumo mensual eléctrico de la almazara durante todo el año. Fuente: elaboración propia

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

Como se puede observar, la curva de consumo alcanza su punto álgido entre los meses de diciembre y marzo, coincidiendo con la temporada de campaña en donde tiene lugar la producción de aceite de oliva. El resto del año el consumo se debe únicamente a la zona de envasado, etiquetado y expedición en la fase de comercialización del producto y también al consumo eléctrico de las oficinas.

En la siguiente tabla se puede visualizar el precio por kWh y por potencia contratada en los distintos tramos que ofrece la compañía distribuidora acorde a la tarifa contratada por la cooperativa, ya que el consumo eléctrico varía en función del periodo horario.

Tabla 3: Datos de facturación de la tarifa 3.0TD. Fuente: IBERDROLA

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
PRECIO (€/kW/año)	17,39	10,74	7,86	6,33	3,38	2,25
PRECIO (€/kWh)	0,1278 €/kWh (durante las 24h del día)					

En la Tabla 4, se puede observar un desglose de los distintos consumos de la almazara a lo largo de cada mes, correspondientes a cada uno de los seis periodos que establece la compañía eléctrica:

Tabla 4: Datos de consumo mensual eléctrico por periodos en la almazara. Fuente: elaboración propia

	P1 (kWh)	P2 (kWh)	P3 (kWh)	P4 (kWh)	P5 (kWh)	P6 (kWh)	TOTAL (kWh)
ENERO	1.566,24	1.044,16	3.915,6	2.610,4	2.479,88	1.435,72	13.052
FEBRERO	1.195,92	797,28	2.989,8	1.993,2	1.893,54	1.096,26	9.966
MARZO	1.006,92	671,28	2.517,3	1.678,2	1.594,29	923,01	8.391
ABRIL	615,36	410,24	1.538,4	1.025,6	974,32	564,08	5.128
MAYO	555,96	370,64	1.389,9	926,6	880,27	509,63	4.633
JUNIO	550,32	366,88	1.375,8	917,2	871,34	504,46	4.586
JULIO	550,2	366,8	1.375,5	917	871,15	504,35	4.585
AGOSTO	553,56	369,04	1.383,9	922,6	876,47	507,43	4.613
SEPTIEMBRE	555,24	370,16	1.388,1	925,4	879,13	508,97	4.627
OCTUBRE	563,16	375,44	1.407,9	938,6	891,67	516,23	4.693
NOVIEMBRE	724,08	482,72	1.810,2	1.206,8	1.146,46	663,74	6.034
DICIEMBRE	1.342,32	894,88	3.355,8	2.237,2	2.125,34	1.230,46	11.186
ANUAL	9.779,28	6.519,52	24.448,2	16.298,8	15.483,86	8.964,34	81.494

En el gráfico que se muestra a continuación se puede observar los distintos valores en cuanto a consumo en cada mes dependiendo del periodo de facturación. Haciendo un análisis de dicho gráfico se puede deducir que, durante los meses de máxima actividad, los consumos se concentran en los periodos P3 y P4 que tienen un precio intermedio que

ANEJO 3: CONSUMO ENERGÉTICO

ronda entre los 6-8€ por cada kW de potencia contratado. Por el contrario, la franja en la que menos se consume con las actividades de la almazara es durante los periodos con mayor precio, es decir, P1 y P2.

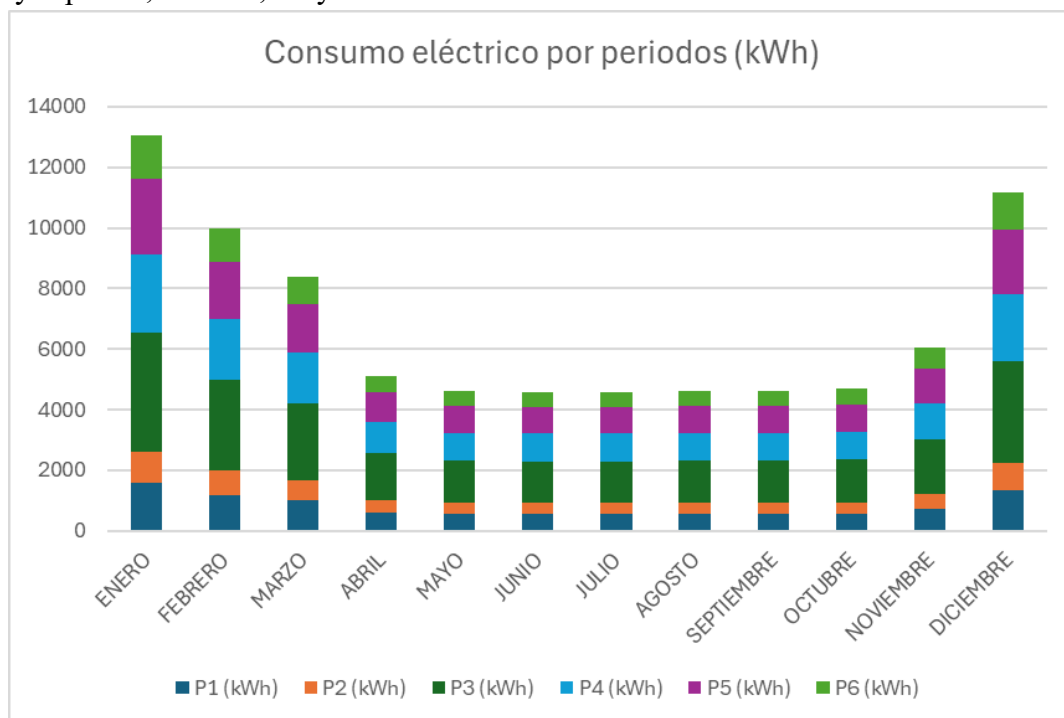


Ilustración 7: Desglose del consumo eléctrico por periodos. Fuente: elaboración propia

2.4 Resumen del consumo eléctrico

Una vez realizado el desglose del consumo eléctrico por periodos durante los meses del año y teniendo en cuenta el precio en euros por cada kilovatio hora de cada tramo, se calcula el precio total de consumo de energía eléctrica en la almazara. La siguiente tabla refleja lo anteriormente mencionado:

Tabla 5: Cuadro resumen del consumo eléctrico anual de la almazara. Fuente: elaboración propia

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Total kWh	9.779,28	6.519,52	2.444,2	16.298,8	15.483,86	8.964,34
Precio €/kWh	0,1278					
Coste €/periodo	1.249,79	833,19	3.124,48	2.082,99	1.978,84	1.145,64
Coste € Total	10.414,93					

3 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Iberdrola:

<https://www.iberdrola.es/negocios/luz/tarifa-30-td>

- Manual de ahorro energético y eficiencia de las almazaras. Cooperativas agroalimentarias:

<https://cooperativas-agro.s3.eu-west-1.amazonaws.com/old/docs/03198.pdf>

- Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural- Junta de Andalucía, 2017. *Medidas de eficiencia energética en el sector agroindustrial:*

https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Medidas_eficiencia_energetica_sector_agroindustrial_volumen_1.pdf

- Datos de facturación de la almazara Trujal de Mágina.

ANEJO 4

-

CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

ÍNDICE

1. ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA	5
1.1. Estudio de la radiación solar.....	5
2. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA	8
2.1. Elección del panel fotovoltaico	8
2.2. Cálculo del número de paneles fotovoltaicos	10
2.3. Cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico	11
2.4. Cálculo de pérdidas por inclinación y orientación	12
2.5. Estructura.....	15
2.6. Cálculo de distancia entre paneles.....	16
2.7. Cálculo de pérdidas por sombras.....	16
2.8. Eficiencia de los módulos fotovoltaicos respecto a la temperatura.....	16
2.9. Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad	18
3. CÁLCULO DEL INVERSOR.....	18
3.1. Modelo del inversor.....	18
3.2. Cálculo del número de inversores	20
4. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGIA	21
4.1. Rendimiento energético de la instalación. Performance Ratio (PR)	22
5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Variación de la irradiación solar a lo largo del año. Fuente: PVGIS	6
Ilustración 2: Ratio radiación difusa/global. Fuente: PVGIS	7
Ilustración 3: Temperatura media en la localización del proyecto. Fuente: PVGIS	7
Ilustración 4: Esquema del panel fotovoltaico Longi HI-MO X6 Explorer LR5-54HTB. Fuente: Longi.....	9
Ilustración 5: Detalle del ángulo beta y azimut. Fuente: PCT-IDAE.....	12
Ilustración 6: Pérdidas debido a inclinación y orientación. Fuente: Software PVGIS ..	13
Ilustración 7: Límites máximos de pérdidas en porcentajes. Fuente: IDAE	13
Ilustración 8: Diagrama para el cálculo de límites de inclinación permisible en los módulos. Fuente: IDAE	14
Ilustración 9: Estructura de soporte Sunfer 08V. Fuente: Sunfer	15
Ilustración 10: Inversor solar Fronius Symo 10.0-3-M. Fuente: Fronius	19
Ilustración 11: Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico en kWh. Fuente: PVGIS	21

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Datos de radiación mensual y temperatura media.....	5
Tabla 2: Características del módulo fotovoltaico seleccionado. Fuente: Longi	10
Tabla 3: Porcentaje de pérdidas de potencia de los módulos debido a la temperatura. Fuente: elaboración propia	17
Tabla 4: Especificaciones técnicas del inversor. Fuente: Fronius	19
Tabla 5: Energía suministrada por el sistema fotovoltaico respecto del total de la demanda. Fuente: elaboración propia	22

1. ESTUDIO DE LA RADIACIÓN SOLAR Y PRODUCCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

1.1. Estudio de la radiación solar

El estudio de la radiación solar es un aspecto muy importante en este tipo de proyectos ya que proporciona información imprescindible para el diseño del sistema fotovoltaico y de esta manera, asegurar que funcione de una forma eficiente en la almazara. Este estudio permite evaluar el potencial de generación de energía fotovoltaica por parte del sistema que ayudará a entender mejor la viabilidad y la eficiencia del proyecto.

Los datos se han extraído de la aplicación PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) perteneciente a la Comisión Europea. Se han introducido las coordenadas exactas de la localización de la almazara en Cambil, y la información de radiación obtenida ha sido la siguiente:

Tabla 1: Datos de radiación mensual y temperatura media

	Irradiación horizontal (kWh/m ²)	Irradiación normal directa (kWh/m ²)	Irradiación en ángulo óptimo (kWh/m ²)	Irradiación en ángulo de 40° (kWh/m ²)	Ratio difusa/global	Temperatura media (°C)
Enero	84,81	151,22	146,47	154,16	0,32	5,8
Febrero	121,1	189,01	182,45	188,77	0,25	9,9
Marzo	139,31	131,98	167,62	168,45	0,45	9,5
Abril	154,63	129,01	161,39	158,34	0,46	11,2
Mayo	217,15	216,42	207,27	199,56	0,31	17,4
Junio	240,04	244,43	218,17	207,67	0,27	20,4
Julio	240,47	249,69	224,39	214,37	0,27	27
Agosto	223,41	252,69	230,05	224,07	0,25	24,8
Septiembre	164,25	173,79	191,81	191,43	0,35	20,2
Octubre	134,14	181,25	186,88	191,46	0,29	13,9
Noviembre	88,13	139,02	142,09	148,4	0,33	10,9
Diciembre	72,28	130,72	128,13	135,28	0,34	5,6
Promedio anual	156,64	182,44	182,23	182,19	0,32	14,72

En la tabla se puede apreciar los datos referentes a la irradiación horizontal con un promedio anual de 156,64 kWh/m² y la irradiación normal directa que es la que llega

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

procedente del sol en la dirección del rayo incidente con un valor medio anual de 182,44 kWh/m². También se indican los datos de irradiación en el ángulo óptimo, que sería 34°. Sin embargo, más adelante se justifica la elección de los grados elegidos de inclinación para este proyecto debido a la orientación de la almazara. El valor medio anual para este parámetro es de 182,23 kWh/m². Como ya se ha mencionado anteriormente, también se indican en la tabla los datos de irradiación en el ángulo seleccionado (40°) con un valor medio al año de 182,19 kWh/m². Por último, vienen reflejados en la tabla los datos sobre el ratio de radiación difusa respecto a la global con un valor medio anual de 0,32 y la temperatura media a lo largo de todos los meses en la localización del proyecto.

En la Ilustración 1 mostrada a continuación, se pueden visualizar los parámetros comentados previamente:

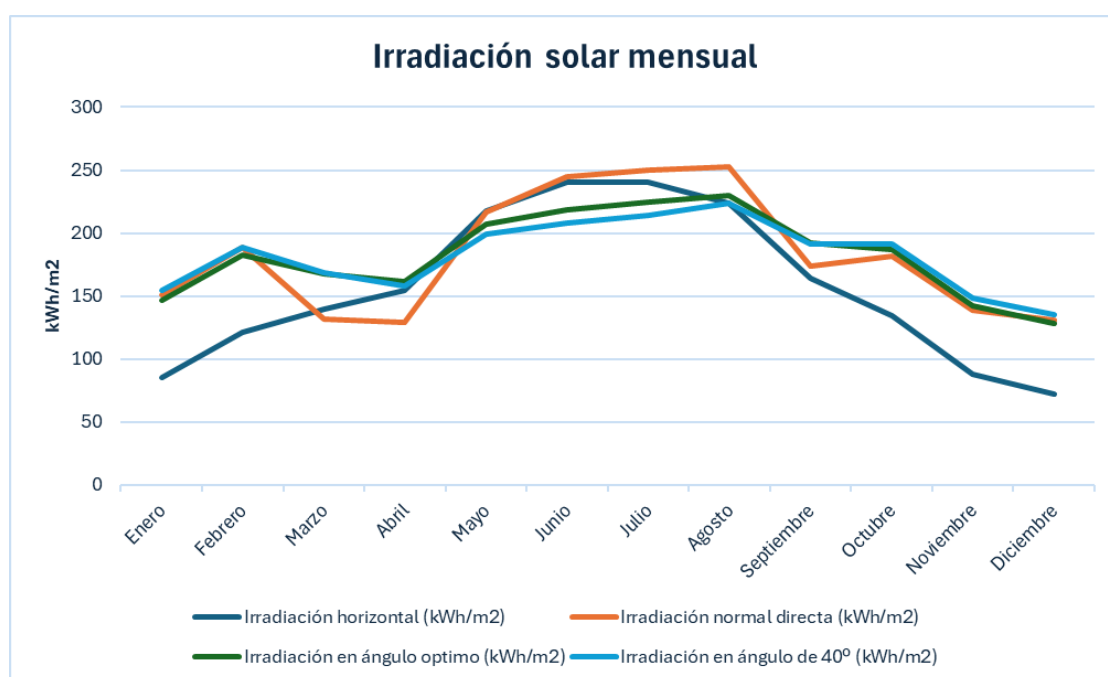


Ilustración 1: Variación de la irradiación solar a lo largo del año. Fuente: PVGIS

Como se puede observar en la gráfica, los valores de irradiación varían a lo largo de todo el año debido a que la posición del sol no es fija y cambia según la estación meteorológica, por tanto, el ángulo con el que los rayos inciden sobre el panel también va cambiando.

Así mismo, en la siguiente ilustración, se visualiza el ratio de radiación difusa con respecto a la radiación global. Este parámetro indica el valor mensual de la relación que existe entre la irradiación horizontal difusa y la global, es decir, la fracción de la irradiación solar total que proviene de las nubes y del cielo. Generalmente valores altos de este indicador corresponden a días nublados.

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

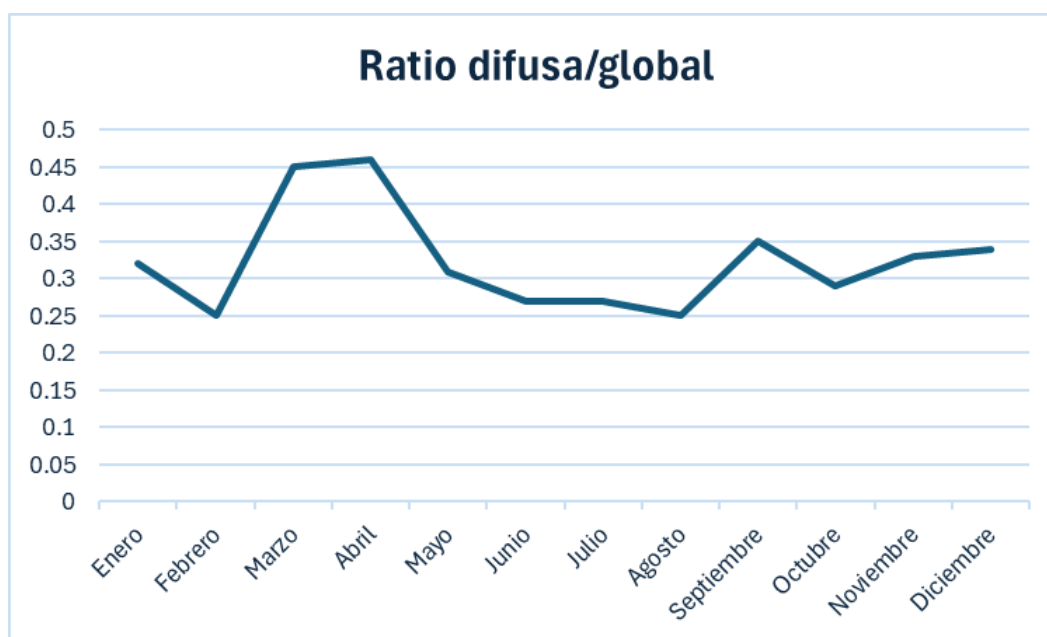


Ilustración 2: Ratio radiación difusa/global. Fuente: PVGIS

Para finalizar este apartado, el último parámetro calculado mediante la aplicación PVGIS ha sido las temperaturas medias existentes en el lugar de emplazamiento. Quedan reflejadas en la siguiente ilustración:

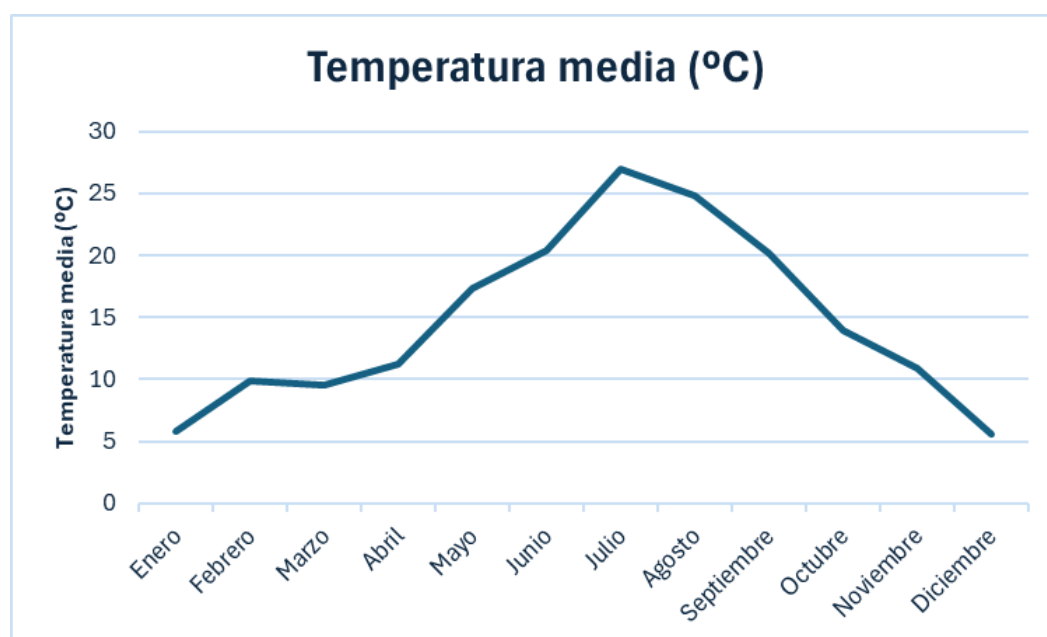


Ilustración 3: Temperatura media en la localización del proyecto. Fuente: PVGIS

En general, las temperaturas superiores a 30°C reducen hasta un 10% la eficiencia de los módulos. La temperatura media de los meses más cálidos en la localización de este proyecto ronda entre los 25-30°C por lo que no supondría un problema en este aspecto. Durante el verano, los días que puedan superar este límite de temperaturas, pueden

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

compensar la posible pérdida de eficiencia con más producción al tener más horas de luz natural. En términos generales, tal y como indican las fichas de productos de todos los fabricantes, la máxima eficiencia de los paneles se produce cuando la temperatura media se encuentra entre los 20°C y los 25°C.

2. CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Tras el estudio de la radiación solar en la zona y la estimación del consumo energético de la almazara realizado en el Anejo 3, se procede a calcular el tamaño y las características del sistema fotovoltaico necesario para cubrir las necesidades energéticas de la fábrica de la Cooperativa. Los objetivos principales de dicho cálculo son determinar el tamaño del sistema fotovoltaico, es decir, estimar la potencia en kWp necesaria para cubrir parte de las necesidades energéticas de la almazara, así como, determinar el número de módulos fotovoltaicos, la tipología de estos, el modelo y número de inversores y la estructura de soporte para esta instalación.

2.1. Elección del panel fotovoltaico

La elección del panel fotovoltaico adecuado ha sido un aspecto que se ha considerado muy relevante para garantizar la eficiencia y un rendimiento óptimo en el sistema a la hora de generar energía solar. Tras realizar un análisis de las diferentes opciones del mercado, en donde se ha tenido en cuenta algunos factores como la eficiencia, la potencia nominal, la tecnología y el coste de los módulos fotovoltaicos, se ha llegado a la conclusión de la utilización para este proyecto del modelo de la marca Longi HI-MO X6 Explorer LR5-54HTB de 415 W de potencia nominal. La elección de dicho panel se justifica en su alta eficiencia de conversión, ya que puede alcanzar un porcentaje cercano al 22%, además de una potencia nominal adecuada a las necesidades energéticas de la almazara, con 415 W de potencia, lo cual permite cubrir dichas necesidades con un menor número de paneles, reduciendo así el espacio requerido para la instalación, ya que dichos módulos sólo se colocarán en las zonas planas de la cubierta. Otro de los aspectos que se ha tenido en cuenta a la hora de elegir este modelo ha sido la garantía y confiabilidad que ofrece Longi, con 25 años de garantía asegurada y 12 años de potencia para este panel, lo que asegura que el sistema sea duradero a largo plazo minimizando riesgos de fallos y costes de mantenimiento.

En la Ilustración 4 se puede observar el panel elegido junto con sus dimensiones:

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

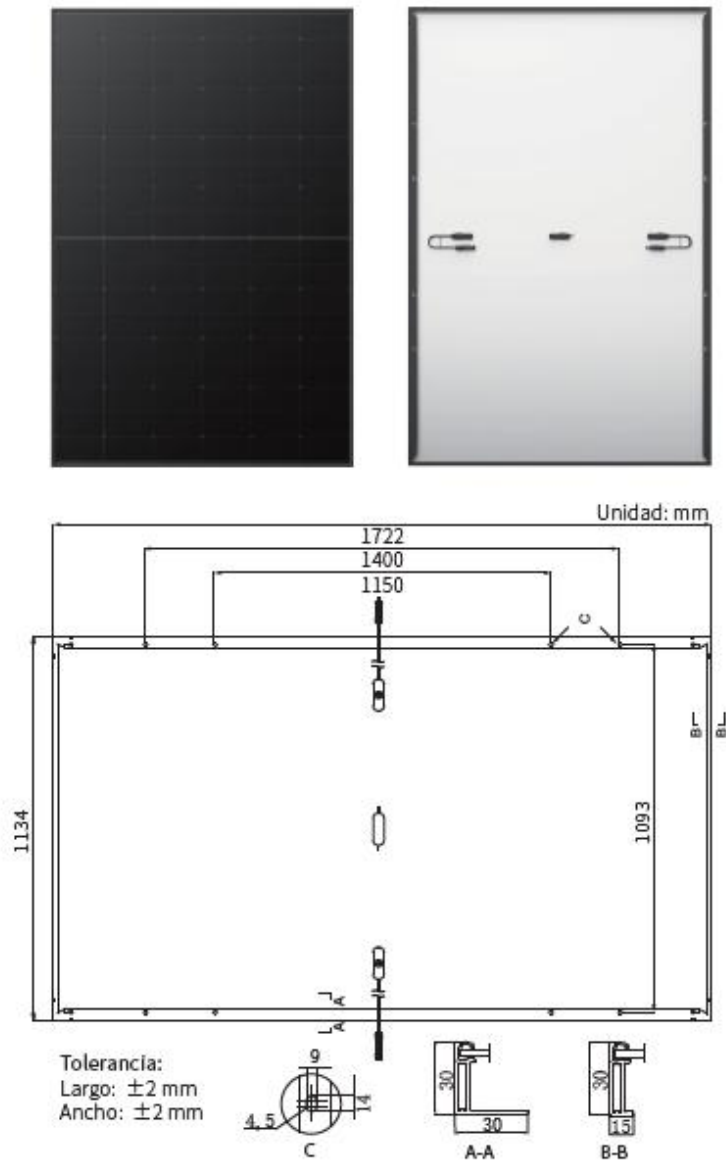


Ilustración 4: Esquema del panel fotovoltaico Longi HI-MO X6 Explorer LR5-54HTB. Fuente: Longi

A continuación, en la Tabla 2 se puede visualizar las características físicas y eléctricas del módulo fotovoltaico, además de otro tipo de especificaciones:

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Tabla 2: Características del módulo fotovoltaico seleccionado. Fuente: Longi

Longi HI-MO X6 Explorer LR5-54HTB 415W	
CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Dimensiones	1722 x 1134 x 30 mm
Peso	20,8 kg
Tipo de células	Monocrystalino
Número de células	108 (6x18)
Tipo de vidrio	Templado
Grosor del vidrio	3,2 mm
Marco	Aleación de aluminio anodizado
Caja de protección de conexiones	IP68
Cable de salida	4 mm ²
Longitud de cable	1200mm
CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS en STC	
Potencia nominal (Pmax)	415 Wp
Tensión en el punto de Máxima Potencia (Vmp)	32,56 V
Corriente en el punto de Máxima Potencia (Imax)	12,75 A
Tensión en Circuito Abierto (Voc)	38,83 V
Corriente de cortocircuito (Isc)	13,78 A
Eficiencia	21,3%
CARACTERÍSTICAS TÉRMICAS	
Rango de temperatura	-40 a 85°C
Coefficiente de temperatura de Pmax	-0,29 %/°C
Coefficiente de temperatura de Voc	-0,23 %/°C
Coefficiente de temperatura de Isc	0,05 %/°C
PARÁMETROS DEL SISTEMA	
Tensión máxima del sistema	1500 V
Límite de corriente	25 A
CARACTERÍSTICAS CARGA MECÁNICA	
Carga estática máxima cara delantera	5400 Pa
Carga estática máxima cara trasera	2400 Pa
Prueba de granizo	Pedrisco de 25 mm a velocidad de 23 m/s

2.2. Cálculo del número de paneles fotovoltaicos

La justificación del número de paneles fotovoltaicos a instalar en la almazara se basa en un análisis en el que se ha tenido en cuenta algunos factores como la demanda energética de la instalación, la cantidad de energía generada por los paneles fotovoltaicos y la superficie disponible para la instalación del sistema. La superficie de

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

la cubierta es de 600 m², sin embargo, se pretende instalar los módulos en las zonas planas, por tanto, la superficie real disponible es de 180 m². Como se pretende realizar la instalación sobre las dos zonas planas rectangulares de la cubierta, cada una de 90 m², los paneles se colocarán de manera vertical para optimizar el espacio.

Tomando en consideración las dimensiones de cada módulo, el número de paneles que caben a lo largo y a lo ancho en la cubierta son:

$$\text{Paneles a lo largo de la cubierta} = \frac{\text{longitud de la cubierta (m)}}{\text{anchura del panel (m)}}$$

$$\text{Paneles a lo largo de la cubierta} = \frac{30 \text{ m}}{1,134 \text{ m}} = 26,45 \rightarrow 26 \text{ paneles}$$

$$\text{Paneles a lo ancho de la cubierta} = \frac{\text{anchura de la cubierta (m)}}{\text{longitud del panel (m)}}$$

$$\text{Paneles a lo ancho de la cubierta} = \frac{3 \text{ m}}{1,722 \text{ m}} = 1,74 \rightarrow 1 \text{ panel}$$

Tras los cálculos realizados, se estudió la posibilidad de instalar un total de 52 paneles distribuidos en dos cadenas de 26 unidades. Sin embargo, prestando atención también al modelo del inversor que se utilizará en este proyecto y que se detallará su elección más adelante en este mismo Anejo, se llegó a la conclusión de la instalación de 48 paneles asignados en dos cadenas de 24 módulos cada una. De esta manera, se asegura la compatibilidad con el inversor y se minimiza la posibilidad de pérdidas por caídas de tensión del sistema.

2.3. Cálculo de la potencia del sistema fotovoltaico

La potencia máxima de la planta viene determinada por la potencia pico instalada del conjunto de módulos fotovoltaicos. Para este proyecto, el valor de dicha potencia se extrae del número de módulos fotovoltaicos multiplicado por la potencia pico de cada módulo. Esta potencia tendrá lugar en el momento óptimo de radiación solar y temperatura.

$$48 \text{ paneles} \times 415 \frac{\text{Wp}}{\text{panel}} = 19.920 \text{ W} = 19,92 \text{ kWp}$$

La potencia nominal de la instalación está definida por las potencias nominales de los inversores instalados. Más adelante se describirá con mayor detalle la elección del número de inversores. En este proyecto se instalarán dos inversores con una potencia nominal CA de 10 kW cada uno.

2.4. Cálculo de pérdidas por inclinación y orientación

A la hora de diseñar este tipo de sistemas fotovoltaicos es fundamental prestar atención a las posibles pérdidas que se puedan producir debido a la inclinación y orientación de los paneles en la cubierta de la almazara. Se ha seguido las especificaciones establecidas en el Código Técnico de la Edificación, que establece los requisitos y criterios a tener en cuenta. Según este documento, las pérdidas se calcularán en función de:

- Ángulo de inclinación β , definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0° para módulos horizontales y 90° para verticales.
- Ángulo de azimut α , definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Su valor es 0° para módulos orientados al Sur, -90° para módulos orientados al Este y $+90^\circ$ para módulos orientados al Oeste.

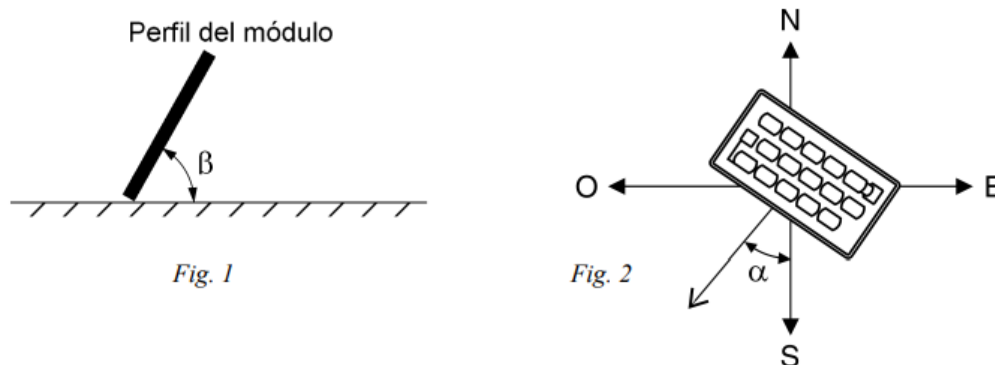


Ilustración 5: Detalle del ángulo beta y azimut. Fuente: PCT-IDAE

Para ser precisos a la hora de estimar las pérdidas por inclinación y orientación, se ha utilizado el software de simulación fotovoltaica PVGIS que considera factores adicionales como la radiación solar local, la temperatura ambiente y las características de los paneles fotovoltaicos.

Conocidos los datos de latitud del municipio (37°), la inclinación de los paneles a 40° (se ha seleccionado esta inclinación por un mayor aprovechamiento de radiación durante los meses de invierno, etapa donde más opera la almazara) y con un azimut de -5° (valor estimado en PVGIS) ya que la almazara está ligeramente orientada hacia el sureste, se puede observar en la siguiente figura las pérdidas de los paneles solares por inclinación en la cubierta:

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Resultados de la simulación	
Ángulo de inclinación:	34 (opt) °
Ángulo de azimut:	-5 (opt) °
Producción anual FV:	32427.72 kWh
Irradiación anual:	2141.97 kWh/m ²
Variación interanual:	1056.38 kWh
Cambios en la producción debido a:	
Ángulo de incidencia:	-2.55 %
Efectos espectrales:	0.5 %

Ilustración 6: Pérdidas debido a inclinación y orientación. Fuente: Software PVGIS

El Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (IDAE), indica que la inclinación y orientación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites establecidos en la siguiente tabla:

	<i>Orientación e inclinación (OI)</i>	<i>Sombras (S)</i>	<i>Total (OI+S)</i>
General	10 %	10%	15 %
Superposición	20 %	15 %	30 %
Integración arquitectónica	40 %	20 %	50 %

Ilustración 7: Límites máximos de pérdidas en porcentajes. Fuente: IDAE

Por consiguiente, atendiendo al valor calculado por el software PVGIS y prestando atención a los límites que se indican en la tabla, se puede concluir que la instalación de los paneles a 40° de inclinación es totalmente factible ya que el porcentaje de pérdidas es del 2,55 %, y por tanto, no se supera el valor máximo del 10%.

Una vez determinado el porcentaje de pérdidas relacionado con la orientación e inclinación de los módulos, se procede a estimar los rangos de inclinación máximos permitidos, siguiendo del mismo modo el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red.

Conocido el azimut de -5°, se determina en la siguiente figura los límites para la inclinación de 41°. Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10%, el máximo permitido para este caso, con la recta de azimut proporciona los siguientes valores:

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

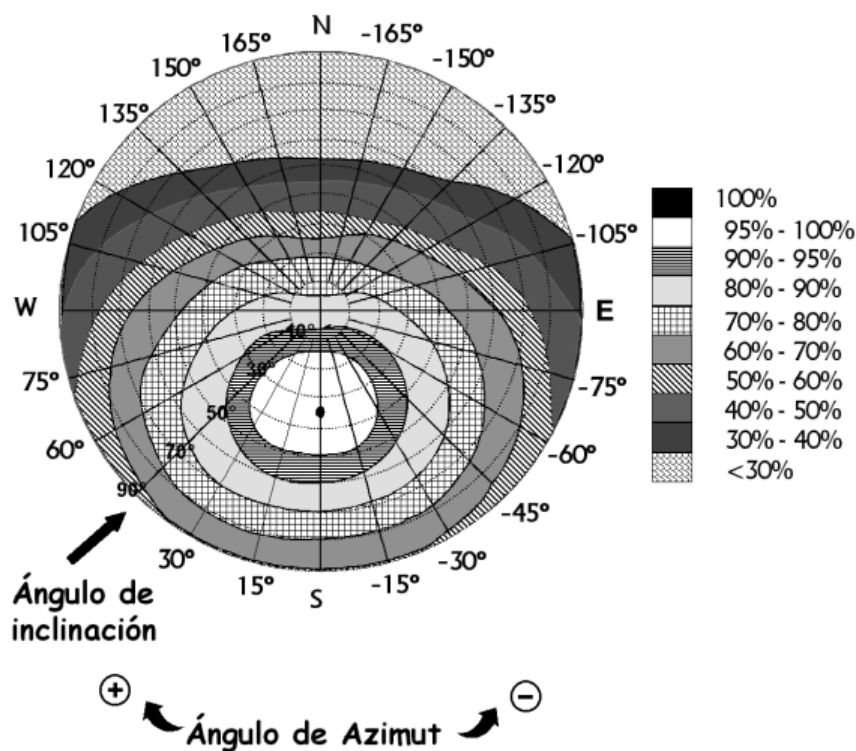


Ilustración 8: Diagrama para el cálculo de límites de inclinación permisible en los módulos. Fuente: IDAE

- Inclinación máxima: 60°
- Inclinación mínima: 6°

Se corrigen los límites aceptables de inclinación en función de la diferencia entre la latitud del proyecto y la latitud de 41° de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Inclinación máxima} = \text{Inclinación} (\Phi = 41^{\circ}) - (41^{\circ} - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación mínima} = \text{Inclinación} (\Phi = 41^{\circ}) - (41^{\circ} - \text{latitud})$$

$$\text{Inclinación máxima} = 60^{\circ} - (41^{\circ} - 37^{\circ}) = 56^{\circ}$$

$$\text{Inclinación mínima} = 6^{\circ} - (41^{\circ} - 37^{\circ}) = 2^{\circ}$$

Los cálculos realizados indican por consiguiente que la inclinación elegida para los paneles en este proyecto es la adecuada ya que se encuentra dentro de los rangos establecidos previamente.

2.5. Estructura

La elección de la estructura de soporte se ha realizado considerando nuevamente la normativa y regulación vigente en materia de seguridad y construcción, mediante las especificaciones del Pliego de Condiciones del CTE.

Para la ejecución de este proyecto, finalmente se ha seleccionado el modelo Sunfer 08V con una inclinación específica de 40° solicitada al fabricante. Este tipo de estructura se adapta bien a las necesidades del proyecto en cuanto a:

- **Compatibilidad:** este modelo está diseñado específicamente para estructuras planas y metálicas como es el caso de la cubierta de la almazara con un sistema de anclaje por sujeción directa mediante tornillos que se insertan en la estructura subyacente.
- **Resistencia y durabilidad:** el material que compone al modelo es aluminio EN AW 6005A.T6 anodizado, lo que les otorga resistencia frente a condiciones climatológicas adversas, como cargas de nieve y viento. Además, gracias a los acabados metálicos y la tornillería de acero inoxidable, esto proporciona a la estructura durabilidad frente a la corrosión a lo largo del tiempo.
- **Facilidad de instalación y mantenimiento:** los elementos de anclaje son de fácil manejo. Los puntos de sujeción son suficientes en número teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa. La estructura facilita un acceso seguro para futuras revisiones y labores de mantenimiento.

En cada estructura se colocarán dos módulos fotovoltaicos, así que en una cadena de 24 módulos serán necesarios 12 estructuras de soporte. Se colocarán en las dos cadenas que se tiene previsto a lo largo de la cubierta, haciendo un total de 24 estructuras de soporte para los 48 paneles fotovoltaicos del sistema. En la siguiente figura se puede apreciar el modelo elegido:



Ilustración 9: Estructura de soporte Sunfer 08V. Fuente: Sunfer

2.6. Cálculo de distancia entre paneles

En el caso de esta almazara, la separación entre las filas de paneles es un aspecto poco relevante debido al diseño específico de su cubierta. La forma que presenta proporciona automáticamente un espacio entre las dos cadenas de módulos que se pretende instalar. Dicha distancia es de aproximadamente 7,16 m, lo cual garantiza que no se proyectarán sombras entre las filas de paneles.

Además, la separación tan amplia que existe entre las filas de módulos facilitará el acceso y el mantenimiento del sistema, mejorando el desplazamiento y la manipulación de los equipos en las labores de limpieza, revisión o reparación en el caso de que fueran necesarias.

2.7. Cálculo de pérdidas por sombras

Este apartado hace referencia a las posibles pérdidas en el rendimiento ocasionadas por las sombras que se originan debido a los obstáculos que pudiese haber en la superficie de estudio en el momento en el que incide la radiación solar. Sin embargo, tras haber proyectado la distribución de los módulos, se ha llegado a la conclusión de que las pérdidas por sombras no son significativas en este proyecto debido a que en el entorno más próximo a la almazara no existen posibles elementos de sombreado como por ejemplo edificios, árboles u otras estructuras.

2.8. Eficiencia de los módulos fotovoltaicos respecto a la temperatura

El rendimiento, en definitiva, la generación de energía por parte de los módulos fotovoltaicos tiende a disminuir con el incremento de la temperatura a la que se encuentra la superficie del panel. Debido a que se trata de un elemento expuesto a la radiación solar continua, se requiere una buena ventilación tanto en la parte expuesta al sol como la superficie posterior del panel. Aun así, incluso contando con una ventilación adecuada como es el caso de este proyecto, se produce dicho incremento de temperatura del módulo con respecto a la temperatura ambiente del exterior. Es por ello, que en este apartado se va a estimar las posibles pérdidas de potencia que se puedan dar debido a este efecto.

Para el cálculo del factor que contempla las pérdidas por aumento de temperatura del panel, es necesario conocer la temperatura que alcanzan las células del módulo, y para ello se emplean las siguientes expresiones:

$$T_{\text{módulo}}(^{\circ}\text{C}) = T_{\text{amb}}(^{\circ}\text{C}) + G \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right) \times \frac{\text{NOTC} - 20^{\circ}\text{C}}{0,8 \left(\frac{\text{kW}}{\text{m}^2} \right)}$$

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Donde:

G: Irradiancia= 850W/m²

NOTC: Temperatura de operación de la célula (Suministrada por el fabricante) = 45±2°C

$$P_{mpp} (W) = P_{MPP(STC)} + P_{MPP(STC)} \times \gamma \times (T_{módulo} - 25^{\circ}C)$$

Donde:

P_{mpp}: Potencia máxima del panel fotovoltaico a temperatura ambiente

P_{MPP-T(STC)}: Potencia nominal del panel fotovoltaico (suministrada por el fabricante) = 415W_p

γ: coeficiente de pérdidas por temperatura (suministrada por el fabricante) = -0,29 %/°C

En la siguiente tabla se puede observar la temperatura que alcanzan las células en cada mes y cómo este efecto produce pérdidas de potencia en los módulos:

Tabla 3: Porcentaje de pérdidas de potencia de los módulos debido a la temperatura. Fuente: elaboración propia

Mes	Temperatura media (°C)	Tmódulo (°C)	Pmpp(W)	% pérdidas
Enero	5,8	32,4	406	2,1
Febrero	9,9	36,5	401	3,3
Marzo	9,5	36,1	402	3,2
Abril	11,2	37,8	400	3,7
Mayo	17,4	44,0	392	5,5
Junio	20,4	47,0	389	6,4
Julio	27	53,6	381	8,3
Agosto	24,8	51,4	383	7,6
Septiembre	20,2	46,8	389	6,3
Octubre	13,9	40,5	396	4,5
Noviembre	10,9	37,5	400	3,6
Diciembre	5,6	32,2	406	2,1
Promedio anual				4,7

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Los datos de la tabla indican que existen pérdidas principalmente en verano debido a la temperatura como era de esperar. Sin embargo, estas pérdidas son totalmente compensadas con el mayor número de horas solar pico que tiene lugar durante el periodo estival. En general se estima que el porcentaje de pérdidas debido a la temperatura sea de 4,7% al año.

2.9. Pérdidas por dispersión de parámetros y suciedad

Las pérdidas por dispersión de parámetros en los módulos fotovoltaicos suelen estar relacionadas con cambios en las características eléctricas del panel, como pueden ser la corriente de cortocircuito, el voltaje de circuito abierto o la eficiencia de conversión. Por esta razón, fueron seleccionados paneles de alta calidad, depositando la confianza de este proyecto en un fabricante totalmente fiable con varios años de experiencia en el sector. Es por ello que el fabricante estima que la variabilidad de estos parámetros no será mayor que el 3%.

En cuanto a las pérdidas por suciedad, se originan debido a la acumulación de polvo, polución o excrementos de animales. Se considera que, teniendo en cuenta la localización del proyecto, las pérdidas no serán mayores al 2%.

3. CÁLCULO DEL INVERSOR

En este apartado del proyecto, se justificará la elección del inversor. Si bien es cierto que los módulos fotovoltaicos de la instalación son capaces de convertir la irradiación solar en electricidad, esta última no está optimizada para su uso en la almazara ya que la energía eléctrica producida por el sistema es en forma de corriente continua (DC) y la electricidad que requiere la instalación y sus equipos es en forma de corriente alterna (AC). Por esta razón, es necesario la instalación de dicho elemento en el sistema, que se encargará de transformar un tipo de corriente en otro.

3.1. Modelo del inversor

Para seleccionar el modelo del inversor en este proyecto, se ha realizado un análisis considerando diferentes factores, como la potencia del sistema, la eficiencia del inversor, la durabilidad o el precio entre otros aspectos. Finalmente, se ha escogido el modelo Symo 10.0 3-M Advanced del fabricante Fronius.

Se trata de un modelo solar trifásico conectado a la red que permite la sincronización del sistema fotovoltaico con la red eléctrica. Cuenta con una potencia nominal de 10 kW y un rendimiento máximo del 98% lo cual permite la optimización de la cantidad de energía utilizable en el momento de la conversión de corriente.

Este modelo tiene tecnología de seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPPT) incorporando dos entradas de este tipo.

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA



Ilustración 10: Inversor solar Fronius Symo 10.0-3-M. Fuente: Fronius

En la siguiente table se detallan las especificaciones técnicas del modelo:

Tabla 4: Especificaciones técnicas del inversor. Fuente: Fronius

FRONIUS SYMO 10.0 3-M ADVANCED	
DATOS DE ENTRADA	
Máxima corriente de entrada	27 A / 16 A
Máxima corriente de cortocircuito	40,5 A / 24,8 A
Minima tension de entrada	200 V
Tension de arranque	200 V
Tension de entrada nominal	600 V
Máxima tension de entrada	1000 V
Rango de tension MPP	270-800 V
Número de seguidores MPP	2
Número de entradas CC	2+2
Potencia máxima de entrada	15 kW
DATOS DE SALIDA	
Potencia nominal CA	10 kW
Máxima potencia de salida	10000 VA
Máxima corriente de salida	14,4 A
Rango de tensión	230V – 400V
Frecuencia	50 Hz / 60 Hz
Coefficiente de distorsión no lineal	1,8%
Factor de potencia	0-1 ind./ cap
DATOS GENERALES	
Dimensiones	725 x 510 x 225 mm
Peso	34,8 kg
Tipo de protección	IP 66

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Consumo nocturno	< 1 W
Refrigeración	Refrigeración de aire regulada
Margen de T^a ambiente	-40 a 60°C
Humedad de aire admisible	0-100%

3.2. Cálculo del número de inversores

Para el diseño de este proyecto, se ha optado por la utilización de dos inversores para realizar la transformación de corriente eléctrica. Cada inversor estará conectado a una cadena de 24 módulos en serie. Inicialmente, se planteó la posibilidad de la utilización de un solo inversor con una capacidad de alrededor 20 kW debido a las facilidades de la instalación, ya que solo habría que instalar un solo elemento, y también por razones económicas. Sin embargo, se tuvo en cuenta las ventajas que ofrecía el uso de dos inversores, como, por ejemplo, la fiabilidad del sistema, ya que, si uno de los inversores se avería, el otro podría seguir operando y por tanto garantizando al menos el 50% de la producción de energía.

Otro de los puntos a favor de la instalación de dos inversores es la optimización en la distribución de carga, ya que, de esta manera, los inversores no trabajarían al límite de su capacidad y esto podría alargar la vida útil de ellos.

A continuación, se justifica el uso de dos inversores en el sistema:

Potencia máxima en CC > Potencia pico de todos los módulos de la cadena

$$15.000 \text{ W} > 24 \frac{\text{módulos}}{\text{inversor}} \times 415 \frac{\text{Wp}}{\text{módulo}} = 9.960 \text{ W}$$

Se cumple con la primera condición ya que la potencia máxima de entrada en corriente continua del inversor es mayor que la suma de las potencias de cada módulo en la cadena.

Además, el inversor debe cumplir con una segunda condición:

Tensión máxima de entrada > Tensión en el punto de máxima potencia

$$800 \text{ V} > 24 \frac{\text{módulos}}{\text{cadena}} \times 32,56 \frac{\text{V}}{\text{módulo}} = 781,44 \text{ V}$$

Como se puede observar, el inversor cumple con dicha condición ya que la tensión máxima de entrada (que en este caso se va a considerar el valor máximo del rango de tensión MPPT) es superior a la tensión en el punto de máxima potencia de los módulos de la cadena.

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Por último, se demuestra como el inversor seleccionado cumple con una última condición:

Corriente máxima de entrada > Corriente en el punto de máxima potencia en cada cadena

$$27 A > 12,75 A \times 1 \text{ cadena}$$

4. ESTIMACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE ENERGÍA

Para realizar una estimación de la producción de energía por parte del sistema fotovoltaico, se ha hecho uso del software PVGIS, en donde se han introducido los datos de localización del proyecto, la potencia del sistema, la inclinación y orientación de los módulos y el porcentaje de pérdidas estimadas anteriormente (alrededor del 14%). Los resultados se pueden visualizar en la Ilustración 11:

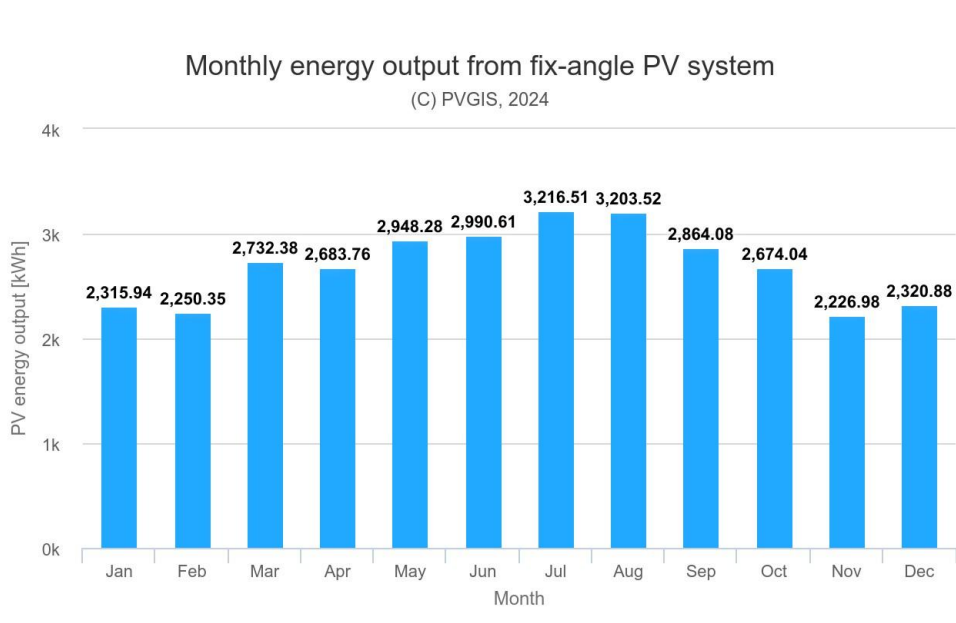


Ilustración 11: Producción de energía mensual del sistema fotovoltaico en kWh. Fuente: PVGIS

La producción total de energía se estima en 32.427 kWh al año. Cabe destacar que, desde el inicio del proyecto, la intención ha sido cubrir una parte significativa de las necesidades energéticas de la almazara, en ningún caso se ha hecho el dimensionamiento para cubrir la totalidad del consumo de energía de la misma. En la siguiente tabla se puede deducir el porcentaje cubierto con energía fotovoltaico con respecto de las necesidades totales de energía eléctrica de la almazara al año:

ANEJO 4: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA

Tabla 5: Energía suministrada por el sistema fotovoltaico respecto del total de la demanda. Fuente: elaboración propia

Mes	kWh suministrados por el sistema fotovoltaico	kWh demandados por la almazara	% de cobertura del sistema fotovoltaico
Enero	2.315,94	13.052	18%
Febrero	2.250,35	9.966	23%
Marzo	2.732,38	8.391	33%
Abril	2.683,76	5.128	52%
Mayo	2.948,28	4.633	64%
Junio	2.990,61	4.586	65%
Julio	3.216,51	4.585	70%
Agosto	3.203,52	4.613	69%
Septiembre	2.864,08	4.627	62%
Octubre	2.674,04	4.693	57%
Noviembre	2.226,98	6.034	37%
Diciembre	2.320,88	11.186	21%
Anual	32.427	81.500	39%

4.1. Rendimiento energético de la instalación. Performance Ratio (PR)

El Performance Ratio es un coeficiente que indica la calidad del sistema fotovoltaico una vez que se han tenido en cuenta las pérdidas causadas dentro del sistema. Este indicador relaciona el rendimiento real y el rendimiento nominal del sistema. Cuanto más cercano al 100% se encuentre este valor, más eficiente será el funcionamiento de la instalación. Sin embargo, un valor exacto del 100% no es real ya que, como se ha mencionado anteriormente, hay que contabilizar las pérdidas. Los cálculos se han realizado a través de las siguientes ecuaciones:

$$\text{Rendimiento nominal} = \text{Irradiación anual} \left(\frac{kWh}{m^2} \right) \times \text{Superficie módulos} (m^2) \times \text{eficiencia}$$

Sabiendo que la irradiación anual en la localización del proyecto es 1879,72 kWh/m², la superficie de los 48 módulos es de 93,6 m² (1,95 m² cada uno) y la eficiencia del 21,3%, el rendimiento nominal es el siguiente:

$$\text{Rendimiento nominal} = 1879,72 \left(\frac{kWh}{m^2} \right) \times 93,6 (m^2) \times 0,213 = 37475 kWh/año$$

$$PR = \frac{32.427 kWh/año}{37.475 kWh/año} = 0,86 \rightarrow 86\%$$

Por tanto, el rendimiento de la instalación fotovoltaica es del 86%, lo cual indica que el sistema funcionará de manera eficiente ya que los valores en los que suele estar este indicador es entre el 70-90% para un correcto funcionamiento.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Photovoltaic Geographical Information System (European Commission):
https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a Red (IDAE):
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_5654_FV_pliego_condiciones_tecnicas_instalaciones_conectadas_a_red_C20_Julio_2011_3498eaaf.pdf
- Ficha técnica módulo solar Longi:
<https://cdn.ensolar.com/z/pp/2024/2/rw5k5mv6rixl8e1/L-Gi-LE-PM-T-PMD-059-F128-LR-5-54-HTB-415-435-M-30-30-and-15.pdf>
- Ficha técnica del inversor Fronius Symo 10.0-3-M:
<https://cdn.autosolar.es/pdf/Ficha-Tecnica-Fronius-Symo.pdf>
- Ficha técnica del soporte estructural Sunfer 08V:
https://media.sunferenergy.com/productos/catalogo-general/espanol-doc.tecnica/1-fichas-tecnicas-kits/08V/FT-08V%2030%C2%BA.pdf?_gl=1*h77qdz*_ga*OTczMzcxODc5LjE3MTU4NjEzNjg.*_ga_TQ45KDFH4R*MTcxNjMwNzI0NS4xLjAuMTcxNjMwNzI1MS41NC4wLjA
- Alonso, J. A. (2024, 2 mayo). *Radiación, Geometría, Recorrido óptico, Irradiancia*. SunFields | Expertos En Energía Fotovoltaica Para Ahorro Energético En España. <https://www.sfe-solar.com/noticias/articulos/energia-fotovoltaica-radiacion-geometria-recorrido-optico-irradiancia-y-hsp/>
- *Inclinación, Orientación y Sombras en Fotovoltaica. Cálculo de Pérdidas*. https://areatecnologia.com/electricidad/perdidas-fotovoltaica.html#Distancia_M%C3%ADnima_entre_Paneles_y_Objeto
- Software PVsyst

ANEJO 5

-

CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

ÍNDICE

1	CÁLCULO DEL CABLEADO	5
1.1	Corriente continua	7
1.1.1	Tramo módulos en serie – Inversor	7
1.2	Corriente alterna	9
1.2.1	Inversor – Caja de conexiones.....	9
1.2.2	Caja de conexiones – Cuadro de medida.....	11
2.	TUBOS Y CANALIZACIONES.....	13
3.	PROTECCIONES	14
3.1.	Corriente continua	14
3.2.	Corriente alterna	15
3.2.1.	Interruptor magnetotérmico.....	15
3.2.2.	Interruptor diferencial.....	16
4.	PUESTA A TIERRA.....	17
4.1.	Tomas de tierra	17
4.2.	Conductores de tierra.....	18
5.	CONEXIÓN A LA RED.....	19
6.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	20

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Intensidades admisibles al aire 40°C. Fuente: ITC-BT-19.....	6
Ilustración 2: Factores de corrección por temperatura de 50°C en intemperie. Fuente: UNE-HD 60364-5-52.....	8
Ilustración 3: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores. Fuente: ITC-BT-21.....	13
Ilustración 4: Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno. Fuente: ITC-BT-18.....	17
Ilustración 5: Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo. Fuente: ITC-BT-18.....	18
Ilustración 6: Relación entre las secciones de los conductores de protección y de fase. Fuente: ITC-BT-18.....	19

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Tabla resumen de secciones en CC. Fuente: elaboración propia.....	8
Tabla 2: Tabla resumen de secciones en CA para el tramo desde el inversor hasta la caja de conexiones. Fuente: elaboración propia.....	10
Tabla 3: Tabla resumen de secciones en CA para el tramo desde la caja de conexiones hasta el cuadro de medida. Fuente: elaboración propia.....	12
Tabla 4: Secciones del sistema trifásico en CA. Fuente: elaboración propia	12
Tabla 5: Diámetro del tubo seleccionado con respecto al número de conductores y sección de cada tramo. Fuente: elaboración propia	14

1 CÁLCULO DEL CABLEADO

En este apartado se realizará el dimensionamiento de la sección de los conductores del sistema fotovoltaico para garantizar una correcta transmisión de la corriente en forma continua desde los módulos hasta el inversor, y también en forma de corriente alterna desde el inversor hasta el cuadro de medida. Los consiguientes cálculos se llevarán a cabo teniendo en cuenta las especificaciones del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en donde el ITC-BT-40 dice lo siguiente:

“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.”

Por tanto, para calcular la sección de los cables se tendrá en cuenta dos criterios: criterio de caída de tensión y criterio de intensidad máxima admisible.

Criterio de caída de tensión:

Como ya se ha mencionado, la caída de tensión entre el generador y el punto de conexión no será superior al 1,5% para la intensidad nominal. Este hecho se produce debido a la distancia entre los dos puntos de conexión y a la resistencia que presentan los conductores. Para calcular la sección de los cables siguiendo este criterio se utiliza la siguiente ecuación:

Corriente continua:

$$S = \frac{2 \times I \times L}{c \times \Delta V}$$

Corriente alterna trifásica:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \cos\varphi \times I \times L}{c \times \Delta V}$$

Donde:

- S: sección del cable (mm²)
- I: Intensidad de corriente que atraviesa el cable (A)
- L: Longitud del cable (m)
- c: Conductividad del cobre a la temperatura máxima del conductor (m/Ω·mm²)

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- ΔV : Caída de tensión máxima admisible (1.5% de U) (V)
- Cosp : coseno del ángulo que se forma entre la tensión y la intensidad.

Criterio de intensidad máxima admisible o térmico:

Este criterio se basa en la capacidad que tiene el conductor de transmitir la corriente eléctrica sin que se produzcan sobrecalentamientos o aumentos de temperatura excesivos. Para ello, se establece un límite que viene reflejado en el documento ITC-BT-40 en donde se refleja que se realizará el dimensionamiento de manera que los cables puedan tolerar una intensidad no inferior al 125% de la máxima intensidad del generador.

A la hora de calcular la intensidad máxima admisible se prestará atención a la ITC-BT-19, en donde se encuentra una tabla de las intensidades admisibles a temperatura ambiente de 40°C para diferentes tipos de cables, en función del material del conductor, su sección transversal y las condiciones de instalación. Esto último mencionado se puede visualizar en la siguiente tabla:

A		Conductores aislados en tubos empotrados en paredes aislantes	3x	2x		3x	2x						
			PVC	PVC		XLPE o EPR	XLPE o EPR						
A2		Cables multiconductores en tubos empotrados en paredes aislantes	3x	2x		3x	2x						
			PVC	PVC		XLPE o EPR	XLPE o EPR						
B		Conductores aislados en tubos en montaje superficial o empotrados en obra				3x	2x			3x	2x		
						PVC	PVC			XLPE o EPR	XLPE o EPR		
B2		Cables multiconductores en tubos en montaje superficial o empotrados en obra			3x	2x				3x	2x		
					PVC	PVC				XLPE o EPR	XLPE o EPR		
C		Cables multiconductores directamente sobre la pared ⁹⁾				3x	2x			3x	2x		
						PVC	PVC			XLPE o EPR	XLPE o EPR		
E		Cables multiconductores al aire libre ⁹⁾ Distancia a la pared no inferior a 0,3D ⁹⁾							3x	2x	3x	2x	
									PVC	PVC	XLPE o EPR	XLPE o EPR	
F		Cables unipolares en contacto mutuo ⁹⁾ Distancia a la pared no inferior a D ⁹⁾							3x			3x	
									PVC			XLPE o EPR ¹¹⁾	
G		Cables unipolares separados mínimo D ⁹⁾									3x		3x
											PVC ¹¹⁾		XLPE o EPR
		mm ²	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Cobre		1,5	11	11,5	13	13,5	15	16	-	18	21	24	-
		2,5	15	16	17,5	18,5	21	22	-	25	29	33	-
		4	20	21	23	24	27	30	-	34	38	45	-
		6	25	27	30	32	36	37	-	44	49	57	-
		10	34	37	40	44	50	52	-	60	68	76	-
		16	45	49	54	59	66	70	-	80	91	105	-
		25	59	64	70	77	84	88	96	106	116	123	166
		35		77	86	96	104	110	119	131	144	154	206
		50			103	117	125	133	145	159	175	188	250
		70				149	160	171	188	202	224	244	321
		95				180	194	207	230	245	271	296	391
		120				208	225	240	267	284	314	348	455
		150				236	260	278	310	338	363	404	525
		185				268	297	317	354	386	415	464	601
		240				315	350	374	419	455	490	552	711
	300				360	404	423	484	524	565	640	821	

Ilustración 1: Intensidades admisibles al aire 40°C. Fuente: ITC-BT-19

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.1 Corriente continua

1.1.1 Tramo módulos en serie – Inversor

Este tramo corresponde a las cadenas de módulos fotovoltaicos conectados en serie con el inversor. Como ya se ha mencionado a lo largo de este documento, la corriente producida por el generador fotovoltaico es en forma de corriente continua (CC). Los conductores que se utilizarán serán de cobre tipo HIZ2Z2-K ya que es un material que presenta unas características muy favorables para este tipo de proyectos en cuanto a conductividad eléctrica y a la resistencia frente a la corrosión. El cableado cuenta también con un aislamiento XLPE (Polietileno Reticulado) que le otorga resistencia a rayos UV y es adecuado para exteriores.

- Criterio de caída de tensión:

$$S = \frac{2 \times I \times L}{c \times \Delta V}$$

Donde:

I: Intensidad de corriente que atraviesa el cable (A). La I_{sc} del módulo tiene un valor de 13,78 A. Aplicando el criterio del 125%, la intensidad nominal será 17,22 A.

L: Longitud del cable que conecta la cadena con el inversor. Se tiene en cuenta la distancia del módulo más alejado al inversor. En este caso son 38 metros.

c: Conductividad del cobre a la temperatura máxima del conductor ($m/\Omega \cdot mm^2$) = 56

ΔV : Caída de tensión máxima admisible para este tramo (1% de U) (V)

U: $V_{oc} \times n^\circ$ de módulos por cada cadena = 38,83 V x 24 módulos = 931,92 V

$$S = \frac{2 \times 17,22 \times 38}{56 \times 1\% \times 931,92} = 2,50 \text{ mm}^2$$

Por tanto, la sección normalizada para esta cadena atendiendo a este criterio será 2,5 mm² según indica la normativa.

- Criterio de intensidad máxima admisible:

La intensidad máxima admisible para cada cadena será la intensidad correspondiente al módulo fotovoltaico sin olvidar las indicaciones del REBT estableciendo un margen adicional del 25% para evitar problemas de calentamiento en los cables. Además, se tendrá en cuenta un factor de corrección de 0,9 tal y como recomienda la normativa UNE

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

20435, en el punto 3.1.2.1.4 por acción solar directa y del mismo modo, otro factor de corrección de 0,9 (UNE-HD 60364-5-52, tabla B.52.14) por temperatura de 50°C en intemperie.

Aislamiento	Temperatura ambiente (θ_a) (°C)										
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
Tipo PVC (termoplástico)	1,40	1,34	1,29	1,22	1,15	1,08	1,00	0,91	0,82	0,70	0,57
Tipo XLPE o EPR (termoestable)	1,26	1,23	1,19	1,14	1,10	1,05	1,00	0,96	0,90	0,83	0,78

Ilustración 2: Factores de corrección por temperatura de 50°C en intemperie. Fuente: UNE-HD 60364-5-52

$$13,78 \times 1,25 = 17,22 \text{ A}$$

Aplicando los factores de corrección:

$$\frac{17,22}{0,9 \times 0,9} = 21,25 \text{ A}$$

Atendiendo a la normativa y a las recomendaciones del fabricante, la sección normalizada para esta intensidad será 2,5 mm²

En la siguiente tabla se puede apreciar un resumen de las secciones estimadas para este tramo según los dos criterios:

Tabla 1: Tabla resumen de secciones en CC. Fuente: elaboración propia

Tramo	Longitud de la línea (m)	Sección Criterio Intensidad Máxima Admisible (mm ²)	Sección Criterio Caída de Tensión (mm ²)	Sección más desfavorable (mm ²)	Sección elegida (mm ²)
Módulos - Inversor	38	2,5	2,5	2,5	4

Finalmente, con el objetivo de asegurar una instalación eficiente y segura, se ha optado por la utilización de un cable de sección 4 mm², en lugar del estimado de 2,5 mm² ya que de esta manera se asegura que no se supere la capacidad nominal del conductor, y por consiguiente, evitar sobrecalentamientos en este tramo.

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

1.2 Corriente alterna

El cableado de corriente alterna CA corresponde al tramo que abarca desde la salida del inversor hasta el cuadro general de medida. A lo largo de esta parte recorre la energía generada por los módulos una vez que ha sido transformada en corriente alterna por parte del inversor. El tipo de cable utilizado para este tramo será multiconductor para un sistema trifásico con aislamiento de polietileno reticulado (XLPE3) con conductor de cobre de tipo RV-K 06/1kV. En ningún caso la tensión asignada será inferior 0,6/1 kV. El cable seleccionado se utilizará tanto para el tramo desde el inversor hasta la caja de conexiones, como para el tramo desde la caja de conexiones hasta la caja de medida.

1.2.1 Inversor – Caja de conexiones

Como ya se ha justificado anteriormente, en este proyecto se instalarán dos inversores, uno para cada cadena de módulos en serie. Al igual que ocurría en el tramo de corriente continua, este tramo cumplirá con los criterios de intensidad máxima admisible y caída de tensión acorde al reglamento REBT (ITC-BT-40). El sistema del cableado de este tramo contará con tres fases, además de dos conductores adicionales, uno neutro y otro conductor de protección.

- Criterio de caída de tensión:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \cos\varphi \times I \times L}{c \times \Delta V}$$

Donde:

Cosφ: es el factor de potencia (asumido como 1 para simplificación)

I: Intensidad máxima de corriente a la salida del inversor (especificado por el fabricante) = 14,4 A. Sin embargo, hay que tener en cuenta que este valor estará dimensionado para cumplir con el criterio del 125% de la intensidad máxima admisible, por lo que el valor de I será de 18 A.

L: longitud de la línea. Es la distancia que hay entre el inversor y la caja de conexiones. En este caso la distancia es de 3 m.

c: Conductividad del cobre a la temperatura máxima del conductor ($m/\Omega \cdot mm^2$) = 56

ΔV: Caída de tensión máxima admisible en este tramo (0,25% de U) (V). La tensión de salida según el fabricante es de 400 V, por lo que la ΔV tendrá un valor de 1 V.

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 18 \times 3}{56 \times 1} = 1,67 \text{ mm}^2$$

Por lo tanto, la sección normalizada para este tramo atendiendo al criterio de caída de tensión según la normativa ITC-BT-19 es de 2,5 mm².

- Criterio de intensidad máxima admisible:

Para este criterio, nuevamente se tiene en cuenta la intensidad máxima de corriente a la salida del inversor, es decir, 14,4 A. Para el cumplimiento de este criterio, según la normativa, se tendrá en consideración el factor de corrección 0,9 (UNE-HD 60364-5-52) para una temperatura de funcionamiento de 50°C. En este caso, no será necesario la aplicación del factor de corrección por radiación solar ya que el cableado no estará expuesto directamente a la radiación procedente del sol a lo largo de este tramo.

$$14,4 \times 1,25 = 18 \text{ A}$$

Aplicando el factor de corrección:

$$\frac{18}{0,9} = 20 \text{ A}$$

Prestando atención a las recomendaciones de la normativa ITC-BT-19, la sección normalizada será de 2,5 mm².

En la siguiente tabla se muestra un resumen de las secciones estimadas para este tramo:

*Tabla 2: Tabla resumen de secciones en CA para el tramo desde el inversor hasta la caja de conexiones.
Fuente: elaboración propia*

Tramo	Longitud de la línea (m)	Sección Criterio Intensidad Máxima Admisible (mm ²)	Sección Criterio Caída de Tensión (mm ²)	Sección más desfavorable (mm ²)	Sección elegida (mm ²)
Inversor – Caja de conexiones	4	2,5	2,5	2,5	4

A pesar de que los cálculos realizados justifican la utilización de una sección de 2,5 mm², finalmente se ha decidido que la sección del cableado será de 4 mm² para proporcionar un margen adicional de seguridad, ya que el dimensionamiento de este apartado tiene como objetivo reducir al máximo los posibles riesgos por sobrecalentamientos. Al tomar esta decisión, nuevamente se ha intentado seguir las recomendaciones del REBT que

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

sugieren utilizar secciones superiores en el caso de que sea posible para garantizar la seguridad y el correcto funcionamiento del sistema.

1.2.2 Caja de conexiones – Cuadro de medida

Este tramo corresponde con la parte del cableado desde la caja de conexiones hasta el cuadro general de medida. Para el cálculo de la sección del cableado en esta parte hay que tener en cuenta las intensidades de las dos líneas que están conectadas en paralelo. La suma de estas dos intensidades dará como resultado una única línea hasta el cuadro de medida. En este caso, la intensidad resultante que saldrá de la caja de conexiones es:

$$14,4 A \times 2 \text{ inversores} = 28,8 A$$

La tensión de salida del inversor, al igual que en el tramo anterior es de 400 V y se considera que la caída de tensión máxima admisible en este tramo es de 0,25% de U (V), por lo que la ΔV tendrá un valor de 1 V.

- Criterio de caída de tensión:

$$S = \frac{\sqrt{3} \times \cos\varphi \times I \times L}{c \times \Delta V}$$

$$S = \frac{\sqrt{3} \times 1 \times 28,8 \times 2}{56 \times 1} = 1,78 \text{ mm}^2$$

Por consiguiente, la sección normalizada será 2,5 mm².

- Criterio de intensidad máxima admisible:

Al igual que se ha procedido anteriormente para los demás tramos, la instalación deberá estar dimensionada para un 25% más de la intensidad máxima permitida, por lo que:

$$28,8 A \times 1,25 = 36 A$$

Nuevamente se aplica el factor de corrección 0,9 (UNE-HD 60364-5-52) para una temperatura de funcionamiento de 50°C:

$$\frac{36 A}{0,9} = 40 A$$

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Tomando en consideración nuevamente la normativa ITC-BT-19, la sección normalizada para esta intensidad es de 10 mm².

De nuevo, se muestra en la siguiente tabla un resumen de las secciones estimadas para este tramo atendiendo a los dos criterios de intensidad máxima admisible y caída de tensión:

Tabla 3: Tabla resumen de secciones en CA para el tramo desde la caja de conexiones hasta el cuadro de medida. Fuente: elaboración propia

Tramo	Longitud de la línea (m)	Sección Criterio Intensidad Máxima Admisible (mm ²)	Sección Criterio Caída de Tensión (mm ²)	Sección más desfavorable (mm ²)	Sección elegida (mm ²)
Caja de conexiones – Cuadro de medida	2	10	2,5	10	10

En conclusión, se ha optado por la elección de una sección de 10 mm² para este tramo, ya que esta medida es la adecuada para soportar las intensidades generadas por los dos inversores y la caída de tensión producida, que en este caso no será demasiado elevada debido a que la longitud del cable (2 m) no es demasiado grande.

Además de los tres conductores correspondientes al sistema trifásico, ya se mencionó anteriormente que el cableado dispondrá de otros dos conductores, uno neutro y otro conductor de protección. Por último, se ha optado por una sección de 10 mm² (la elección de este tamaño de sección se justifica más adelante en el apartado de tomas de tierra de este Anejo) igualmente para estos conductores, quedando la distribución de la siguiente manera:

Tabla 4: Secciones del sistema trifásico en CA. Fuente: elaboración propia

FASE	SECCIÓN (mm ²)
1	10
2	10
3	10
Neutro	10
Tierra	10

2. TUBOS Y CANALIZACIONES

El sistema de tubos y canalización de los cables de este proyecto se ha realizado respetando la normativa del Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, en concreto las especificaciones técnicas del ITC-BT-21. De acuerdo con estas indicaciones, se ha decidido la utilización de tubos rígidos de PVC resistentes a la radiación ultravioleta y aislantes. El tramo de corriente continua CC, desde los módulos hasta el inversor contará con dos conductores por cada tubo. Por otra parte, el tramo correspondiente a la corriente alterna CA estará compuesto por cinco conductores (las tres fases del sistema trifásico junto con una fase neutro y otra de protección) por cada tubo.

En la siguiente tabla se puede observar los diámetros de los tubos según la sección nominal de los conductores de acuerdo con la normativa ITC-BT-21:

Sección nominal de los conductores unipolares (mm ²)	Diámetro exterior de los tubos (mm)				
	Número de conductores				
	1	2	3	4	5
1,5	12	12	16	16	16
2,5	12	12	16	16	20
4	12	16	20	20	20
6	12	16	20	20	25
10	16	20	25	32	32
16	16	25	32	32	32
25	20	32	32	40	40
35	25	32	40	40	50
50	25	40	50	50	50
70	32	40	50	63	63
95	32	50	63	63	75
120	40	50	63	75	75
150	40	63	75	75	–
185	50	63	75	–	–
240	50	75	–	–	–

Ilustración 3: Diámetros exteriores mínimos de los tubos en función del número y la sección de los conductores. Fuente: ITC-BT-21

Para seleccionar una correcta medida de los tubos, hay que considerar que los conductores puedan ubicarse de manera adecuada dentro de dichos tubos, de modo que puedan acomodarse sin sobrepasar el 40% de la sección interior del tubo, según el ITC-BT-21. Así pues, la elección de los tubos según los distintos tramos del sistema queda de la siguiente manera:

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Tabla 5: Diámetro del tubo seleccionado con respecto al número de conductores y sección de cada tramo.
Fuente: elaboración propia

Tramo	Sección del conductor (mm ²)	Nº de conductores	Diámetro del tubo (mm ²)
Módulos-Inversor	4	2	16
Inversor-Caja de conexiones	4	5	20
Caja de conexiones-Cuadro de medida	10	5	32

En el primer tramo, el diámetro de los tubos será de 16 mm² con el objetivo de no sobrepasar el 40% de la sección interior del tubo. En el segundo tramo correspondiente a corriente alterna desde el inversor hasta la caja de conexiones tendrá una sección de tubo de 20 mm². Por último, en el tercer tramo, el diámetro del tubo será de 32 mm² para albergar el cableado desde la caja de conexiones hasta el cuadro general de baja tensión.

3. PROTECCIONES

Los proyectos relacionados con instalaciones eléctricas, como es este caso, deben presentar elementos de protección para garantizar la seguridad de los usuarios, pero también para asegurar la integridad del propio sistema. En este apartado se van a detallar los elementos de protección que requiere el sistema, así como los cálculos para su dimensionamiento.

3.1. Corriente continua

Generalmente, los inversores ya suelen traer incorporados elementos de protección en el propio aparato. A continuación, se analizarán los elementos en el tramo de corriente continua:

- Descargadores de sobretensión: también conocidos como DPS, tienen la función de proteger contra sobretensiones causadas por rayos. Este elemento se encarga de derivar a tierra toda la energía causada por estos fenómenos atmosféricos. En este caso el inversor cuenta con este elemento por lo que no será necesario la instalación de manera externa.
- Interruptor magnetotérmico de CC: ofrecen protección en caso de sobreintensidades o cortocircuitos. Serán necesarios dos, uno por cada cadena de módulos. Normalmente este tipo de elementos están diseñados para tolerar tensiones de 1000V por lo que será adecuado para cada fila de paneles de este proyecto.

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

- Fusibles: se instalan en las series de módulos y protegen contra sobreintensidades. En caso de que se produzca sobrecorriente, el fusible se funde, pero mantiene seguro el circuito. Para seleccionar adecuadamente el fusible se ha tenido en cuenta la siguiente expresión, aplicando un factor de corrección de 1,25:

$$I_n = I_{SC} \times 1,25$$

Donde:

I_{SC} : Intensidad del panel en cortocircuito = 13,78 A (facilitada por el fabricante)

I_n : Intensidad nominal del fusible

$$I_n = 13,78 \times 1,25 = 17,22 \text{ A}$$

Por tanto, se requiere de un fusible con una intensidad nominal de 18 A. Al haber dificultades para encontrar en el mercado un fusible con esta intensidad, se seleccionará automáticamente un fusible de 20 A.

3.2. Corriente alterna

En la parte de corriente alterna se han de proteger los circuitos eléctricos mediante un interruptor magnetotérmico y un interruptor diferencial.

3.2.1. Interruptor magnetotérmico

Como ya se ha mencionado anteriormente, los interruptores magnetotérmicos son elementos destinados a la protección contra cortocircuitos y sobreintensidades. En caso de que hubiese algún momento de corriente excesiva, dicho elemento se dispara impidiendo el paso de la corriente para evitar posibles daños en el circuito.

Para la selección de manera adecuada de este elemento, se ha seguido la siguiente expresión:

$$I_D \leq I_n \leq I_A$$

En donde:

I_D : Intensidad de diseño del circuito (1,25% más que la intensidad de salida del inversor)
 $= 14,4 \times 1,25 = 18 \text{ A}$.

I_n : intensidad nominal del interruptor magnetotérmico seleccionado.

I_A : máxima intensidad admisible por el cable = 52 A para un cable de 10 mm²

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

$$18 A \leq I_n \leq 52 A$$

Se debe seleccionar un interruptor magnetotérmico con una corriente nominal superior a la intensidad de diseño del circuito, e inferior a la intensidad máxima admisible del cable por lo que selecciona un interruptor de 20 A.

3.2.2. Interruptor diferencial

Es el elemento que tiene la función de proteger a las personas en el tramo de corriente alterna ante una fuga de corriente mediante la desconexión del circuito, evitando así posibles descargas eléctricas o riesgos de incendio y para proteger a las instalaciones de posibles cortocircuitos. Este dispositivo realiza un balance de la corriente que entra y sale del circuito y compara dichos valores. Si estos no coinciden es un indicativo de que pueda haber alguna fuga y es entonces cuando el interruptor diferencial desconecta el circuito. El interruptor automático diferencial para este proyecto cuenta con un transformador toroidal que consiste en un transformador diferencial de núcleo magnético para detectar las diferencias de corriente en la entrada y la salida.

La intensidad nominal para este interruptor será la misma que la intensidad del interruptor magnetotérmico, es decir, de 20 A.

En cuanto a la sensibilidad, que es el aspecto del interruptor diferencial que determina la cantidad mínima de fuga de corriente que puede detectar y dar lugar a la desconexión, se utiliza la siguiente expresión:

$$I_S < I_R$$

Es decir, la sensibilidad del interruptor diferencial (I_S) debe ser inferior a la intensidad residual (I_R). Para ello se calcula la intensidad residual siguiendo la siguiente ecuación:

$$I_R = \frac{V}{Rt}$$

Donde:

I_R : Intensidad residual

Rt : Resistencia a tierra (Ω) (valor calculado en el siguiente apartado del anejo)

V : Se considera una tensión máxima de contacto de 24 V (según el REBT).

$$I_R = \frac{24 V}{20 \Omega} = 1,2 A = 1200 mA$$

Como la sensibilidad del interruptor diferencial no debe sobrepasar la intensidad residual, se selecciona un interruptor con una sensibilidad de 300 mA.

4. PUESTA A TIERRA

De acuerdo con lo que dice el REBT (Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión) en el ITB-BT-40 en donde se indica que las instalaciones fotovoltaicas interconectadas a la Red de Distribución Pública, dispondrán de un esquema de puesta a tierra que será el TT y se conectarán las masas de la instalación y receptores a una tierra independiente de la del neutro de la empresa distribuidora.

Por tanto, en el presente proyecto se instalará una toma de tierra propia de manera que no se altere las condiciones de puesta a tierra de la red pública. Los conductores de protección unirán las distintas masas con la toma de tierra. Es importante señalar que los conjuntos de módulos junto con el inversor estarán conectados a la toma de tierra que a su vez estará conectada a la toma de tierra del edificio para evitar que se generen tensiones excesivas en las inmediaciones de las instalaciones.

4.1. Tomas de tierra

En el proyecto de la instalación eléctrica de esta almazara, la toma de tierra se ha instalado con el objetivo de proteger tanto a los usuarios como a los equipos y dispositivos eléctricos frente a posibles daños causados por sobretensiones y cortocircuitos.

Para el actual proyecto, en relación a los cálculos necesarios para la instalación de la toma de tierra, se han realizado de acuerdo a la normativa de la instrucción ITC-BT-18 que cita textualmente lo siguiente: “Las puestas de tierra se establecen principalmente con el objetivo de limitar la tensión que, con respecto a tierra, puedan presentar en un momento dado las masas metálicas, asegurar la actuación de las protecciones y eliminar el riesgo que supone una avería en los materiales eléctricos utilizados”.

En la Ilustración 4 se puede observar las especificaciones de dicho documento a la hora de realizar los cálculos estimados para la instalación del sistema de tierra:

Naturaleza del terreno	Valor medio de la resistividad Ohm.m
Terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos	50
Terraplenes cultivables poco fértiles y otros terraplenes	500
Suelos pedregosos desnudos, arenas secas permeables	3.000

Ilustración 4: Valores medios aproximados de la resistividad en función del terreno. Fuente: ITC-BT-18

Uno de los componentes principales de la puesta de tierra son los electrodos de tierra, que en este caso será una pica vertical cuya función es establecer una conexión de baja resistencia eléctrica con la tierra. En la Ilustración 5 vienen reflejadas las fórmulas necesarias para estimar esta resistencia en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo:

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

Electrodo	Resistencia de Tierra en Ohm
Placa enterrada	$R = 0,8 \rho/P$
Pica vertical	$R = \rho/L$
Conductor enterrado horizontalmente	$R = 2 \rho/L$
ρ , resistividad del terreno (Ohm.m)	
P, perímetro de la placa (m)	
L, longitud de la pica o del conductor (m)	

Ilustración 5: Fórmulas para estimar la resistencia de tierra en función de la resistividad del terreno y las características del electrodo. Fuente: ITC-BT-18

Por lo tanto, la resistencia calculada es la siguiente:

$$Resistencia\ de\ tierra\ (Rt) = \frac{\rho}{L} = \frac{50\ \Omega \cdot m}{2,5\ m} = 20\ \Omega$$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno ($\Omega \cdot m$) = $50\ \Omega \cdot m$ (terrenos cultivables y fértiles, terraplenes compactos y húmedos)

L: Longitud del electrodo, en este caso la pica vertical de 2,5 m.

El valor de resistencia de tierra estimado es de $20\ \Omega$, lo cual quiere decir que se está cumpliendo con la normativa del ITC-BT-18 que establece un límite máximo de resistencia en $30\ \Omega$ (para interruptores diferenciales de 300 mA).

4.2. Conductores de tierra

Además de los electrodos de tierra, el sistema de tierra también cuenta con el conductor de tierra que conecta el sistema eléctrico a los electrodos. Dicho conductor, como ya se ha mencionado a lo largo de este Anejo, será de cobre con aislamiento de polietileno reticulado. La instrucción ITC-BT-18 también contempla una tabla en donde se puede visualizar la relación que hay entre las secciones de los conductores de protección y de fase.

ANEJO 5: CÁLCULO DE LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA

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

Ilustración 6: Relación entre las secciones de los conductores de protección y de fase. Fuente: ITC-BT-18

Como la sección de los conductores en el sistema trifásico desde la caja de conexiones hasta el Cuadro de medida es de 10 mm², este valor es menor a 16 mm² por lo cual se tendrá en cuenta la primera relación del cuadro, y por tanto, la sección mínima de los conductores de protección será igual a la sección de los conductores de fase, es decir, 10 mm².

5. CONEXIÓN A LA RED

La conexión a la red de baja tensión del sistema fotovoltaico de este proyecto se realiza de tal forma que se cumple con la normativa vigente expresada en el RD 1663/2000, de 29 de septiembre, para aquellas instalaciones de menos de 100 kW de potencia, como es en este caso.

Además de todos los elementos de protección y seguridad que ya se han mencionado anteriormente en este documento, se instalará también un contador bidireccional que tendrá como función principal la gestión de la energía generada por el sistema fotovoltaico y consumida de la red cuando sea necesario, ya que el sistema fotovoltaico no abastecerá el 100% de las necesidades de la almazara. El modelo de contador será Fronius Smart Meter 63A-3, compatible con el inversor del proyecto que es del mismo fabricante, y que se encargará de monitorizar completamente la instalación realizando una gestión sistematizada de los distintos flujos de energía.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT) e ITC.
https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?modo=2&id=326_Re
- *Elementos de protección de la instalación fotovoltaica*. Albasolar (2022, 30 de septiembre).
<https://albasolar.es/elementos-de-proteccion-de-la-instalacion-fotovoltaica/>
- Asociación Española de Normalización (UNE). UNE-HD 60364-5-52:2022
<https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0070481>
- *Real Decreto 1663/2000, de 29 de septiembre, sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas a la red de baja tensión*. BOE-A-2000-17599.
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-17599>

ANEJO 6

-

EVALUACIÓN FINANCIERA

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

ÍNDICE

1. EVALUACIÓN FINANCIERA	4
1.1 Objetivo de la evaluación financiera	4
1.2 Datos de partida	4
1.2.1. Coste de la inversión	4
1.2.2. Coste de mantenimiento	4
1.2.3. Energía suministrada por la instalación fotovoltaica.....	4
1.2.4. Precio de la energía eléctrica	5
1.2.5. Ahorro económico de la producción	6
1.2.6. Tipo de interés de la inversión.....	7
1.2.7. Vida útil de la instalación	7
1.3 Flujo de caja	7
1.4 Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad	9
1.4.1. Valor Actual Neto (VAN)	9
1.4.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	11
1.4.3. Payback.....	11
2. RESULTADOS.....	13
3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Energía suministrada por el sistema fotovoltaico respecto al total demandado por la almazara	5
Tabla 2: Datos de la factura Tarifa 3.0TD. Fuente: IBERDROLA.....	5
Tabla 3: Resumen del consumo eléctrico de la almazara en cada periodo y coste total. Fuente: elaboración propia	5
Tabla 4: Cuadro resumen energético de la almazara e instalación fotovoltaica	6
Tabla 5: Comparación del coste anual sin instalación y con instalación fotovoltaica. Elaboración propia.....	7
Tabla 6: Flujo de caja anual. Fuente: elaboración propia	8
Tabla 7: Cálculo del Valor Actual Neto (VAN). Fuente: elaboración propia.....	10
Tabla 8: Estimación del Plazo de Recuperación o Payback. Fuente: elaboración propia	12
Tabla 9: Tabla resumen de los Indicadores de Rentabilidad	13

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Análisis de la Evaluación Financiera.....	14
----------------------------------------------------------	----

1. EVALUACIÓN FINANCIERA

1.1 Objetivo de la evaluación financiera

Este apartado tiene como objetivo la demostración de la viabilidad, desde el punto de vista económico, del proyecto en la almazara. Se trata de un aspecto clave para entender el ahorro generado por la instalación fotovoltaica mediante el cálculo de unos indicadores financieros que permitirán facilitar el entendimiento de la rentabilidad de dicho proyecto. Así mismo, dentro de los objetivos de la evaluación financiera está asegurar que la implementación del proyecto se ajuste al presupuesto previamente definido y de esta manera mitigar el riesgo financiero durante la ejecución de este.

1.2 Datos de partida

1.2.1. Coste de la inversión

El coste de inversión del proyecto engloba el Presupuesto General de la obra, calculado en el Documento Presupuestos cuyo valor se estima en 28.451,21 €. Este valor equivale a 1,43 € por cada vatio de la instalación, encontrándose dentro del rango de precios habituales para este tipo de proyectos que suele estar entre 1-1,5 €/W.

1.2.2. Coste de mantenimiento

El coste de mantenimiento al año en la almazara se estima en 200 €. Este servicio incluye ciertas labores como por ejemplo inspecciones periódicas, limpieza de los módulos, monitorización del rendimiento y reparación de posibles averías durante el periodo de vida útil de la instalación.

1.2.3. Energía suministrada por la instalación fotovoltaica

Los cálculos realizados en el Anejo 3 y en el Anejo 4 indican que la demanda energética anual de la almazara asciende a 81.500 kWh, mientras que el sistema fotovoltaico generará en torno a 32,427 kWh/año, lo que quiere decir que el porcentaje de cobertura de la instalación fotovoltaica será de un 39% anual.

En la siguiente tabla se puede visualizar la cantidad de energía cubierta por el sistema con relación a la energía demandada por la almazara:

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

Tabla 1: Energía suministrada por el sistema fotovoltaico respecto al total demandado por la almazara

Mes	kWh suministrados por el sistema fotovoltaico	kWh demandados por la almazara	% de cobertura del sistema fotovoltaico
Enero	2.315,94	13.052	18%
Febrero	2.250,35	9.966	23%
Marzo	2.732,38	8.391	33%
Abril	2.683,76	5.128	52%
Mayo	2.948,28	4.633	64%
Junio	2.990,61	4.586	65%
Julio	3.216,51	4.585	70%
Agosto	3.203,52	4.613	69%
Septiembre	2.864,08	4.627	62%
Octubre	2.674,04	4.693	57%
Noviembre	2.226,98	6.034	37%
Diciembre	2.320,88	11.186	21%
Anual	32.427	81.500	39%

1.2.4. Precio de la energía eléctrica

Los cálculos relacionados con los costes de la electricidad se basan en un precio fijo que viene indicado en la tarifa contratada a la empresa eléctrica que suministra la energía. Si bien es cierto, estos precios podrían experimentar variaciones a lo largo del tiempo, pero se ha decidido fijar dichos valores para simplificar el estudio.

En la siguiente tabla se puede visualizar el precio de la electricidad en función de cada periodo:

Tabla 2: Datos de la factura Tarifa 3.0TD. Fuente: IBERDROLA

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
PRECIO (€/kW/año)	17,39	10,74	7,86	6,33	3,38	2,25
PRECIO (€/kWh)	0,1278 €/kWh (durante las 24h del día)					

A continuación, se muestra la cantidad de energía demandada por la almazara en cada uno de los periodos establecidos por la compañía eléctrica y precio en euros correspondiente a cada tramo:

Tabla 3: Resumen del consumo eléctrico de la almazara en cada periodo y coste total. Fuente: elaboración propia

	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Total kWh	9.779,28	6.519,52	2.4448,2	16.298,8	15.483,86	8.964,34
Precio €/kWh	0,1278					
Coste €/periodo	1.249,79	833,19	3.124,48	2.082,99	1.978,84	1.145,64
Coste € Total	10.414,93					

1.2.5. Ahorro económico de la producción

Después de analizar la proporción de cobertura de la demanda energética por la instalación fotovoltaica, y teniendo en cuenta el precio de la electricidad y por ende el coste anual que conlleva, se procede a estimar el ahorro económico que supone la implantación del sistema en la almazara.

Como ya se ha mencionado anteriormente la energía generada por el sistema fotovoltaico se destina al autoconsumo y se estima de la siguiente forma:

$$\text{Ahorro por autoconsumo} = \text{Energía producida} \times \text{Precio de la energía eléctrica}$$

Donde:

Energía producida = 32.427 kWh/año (teniendo en cuenta pérdidas del 14%)

Precio de la energía eléctrica = 0,1278 €/kWh

$$\text{Ahorro por autoconsumo} = 32.427 \frac{\text{kWh}}{\text{año}} \times 0,1278 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = 4.144,21\text{€/año}$$

Considerando que el mantenimiento anual del sistema son 200 €, el ahorro anual por autoconsumo será de 3.944,21 €.

A continuación, se presenta un cuadro a modo de resumen y una tabla comparativa en una situación con y sin proyecto que consolidan los cálculos anteriormente expuestos facilitando así una visión más clara de los resultados obtenidos:

Tabla 4: Cuadro resumen energético de la almazara e instalación fotovoltaica

	Valor	Unidad
Demanda Total de Energía	81.500	kWh/año
Energía fotovoltaica generada	32.427	kWh/año
Energía cubierta por la red	49.073	kWh/año
Costes de mantenimiento	200	€/año

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

Tabla 5: Comparación del coste anual sin instalación y con instalación fotovoltaica. Elaboración propia

	Coste	Unidad
Sin instalación fotovoltaica	10.414,93	€/año
Con instalación fotovoltaica	6.470,72	€/año
Ahorro anual	3.944,21	€/año

1.2.6. Tipo de interés de la inversión

Para valorar la inversión se utilizará una tasa de actualización del 4% ya que el Estado, aunque no tiene establecido un tipo de interés obligatorio, estima un valor para proyectos renovables que oscila entre el 3% y el 6%.

Además, es importante tener en cuenta que dicha tasa de actualización podría variar con el transcurso de los años de vida útil de la instalación debido a las condiciones del mercado.

1.2.7. Vida útil de la instalación

Según las especificaciones y características técnicas proporcionadas por los fabricantes de los distintos componentes del sistema, la vida útil de la instalación se estima en 25 años que se encuentra dentro de los estándares actuales para este tipo de proyectos.

1.3 Flujo de caja

El flujo de caja o “Cash Flow” es un indicador fundamental que se utiliza en esta evaluación para reflejar la diferencia entre ingresos y gastos que tiene lugar en la almazara. Representa el movimiento neto de efectivo dentro y fuera de la empresa en periodos de 1 año a lo largo de la vida útil del sistema.

Para este proyecto se utilizará el método de cálculo directo para estimar el valor del flujo de caja durante los 25 años de vida útil de la instalación, haciendo uso de la siguiente expresión:

$$\text{Flujo de caja} = \text{ingresos en efectivo} - \text{gastos en efectivo}$$

Es importante tener en cuenta que, en este proyecto, el sistema de generación fotovoltaico no está diseñado para generar ingresos ya que no habrá excedentes de energía para inyectar a la red, por tanto, no se consideran cobros a la hora de calcular este valor.

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

A la hora de analizar el flujo de caja, se puede observar la importancia del ahorro anual que genera la instalación y por tanto contribuye a la rentabilidad del proyecto ya que durante el primer año se considera como principal gasto la inversión inicial de 28.451,21 € y a partir del segundo año se puede apreciar cómo se empieza a generar el ahorro en la factura eléctrica, lo que dará lugar a una compensación gradual de la inversión inicial.

A continuación, se presentan la tabla con los flujos de caja de los próximos años:

Tabla 6: Flujo de caja anual. Fuente: elaboración propia

FLUJO DE CAJA				
AÑO	INVERSIÓN (€)	AHORRO (€)	MANTENIMIENTO (€)	FLUJO DE CAJA (€)
0	-28.451,21	0,00	0,00	-28.451,21
1	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
2	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
3	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
4	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
5	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
6	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
7	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
8	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
9	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
10	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
11	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
12	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
13	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
14	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
15	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
16	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
17	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
18	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
19	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
20	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
21	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
22	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
23	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
24	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21
25	0,00	4.144,21	200,00	3.944,21

1.4 Cálculo de los Indicadores de Rentabilidad

Según lo indicado anteriormente, para evaluar la rentabilidad del proyecto a medio y largo plazo se hará uso de una serie de indicadores financieros que son de uso frecuente en este tipo de proyectos.

En este apartado se estudiarán los principales indicadores de rentabilidad, tales como, el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR) y el Retorno sobre la Inversión también conocido como Payback. El estudio de estos indicadores ayudará no solo a entender la viabilidad del proyecto, sino que también será útil para la toma de decisiones corporativas estratégicas futuras por parte de la Cooperativa de la almazara.

1.4.1. Valor Actual Neto (VAN)

El Valor Actual Neto (VAN) es una herramienta que permite la evaluación de la viabilidad económica de un proyecto. Muestra la relación que existe entre el valor actual de los flujos y la inversión inicial. Mediante la cuantificación de dicho valor se consigue estimar la rentabilidad ya que un VAN positivo es un indicativo de que el proyecto está generando un valor económico superior al que se invirtió inicialmente y, por lo tanto, justificando su implantación.

La expresión utilizada para calcular este indicador es la siguiente:

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

Donde:

- V_t = flujo de caja en cada periodo de tiempo
- I_0 = valor de la inversión inicial
- n = número de periodos considerado
- k = tipo de interés

Seguidamente se presenta en la Tabla 7 el cálculo del Valor Actual Neto:

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

Tabla 7: Cálculo del Valor Actual Neto (VAN). Fuente: elaboración propia

AÑO	FLUJO DE CAJA (€)	FLUJO DESCONTADO (€)
0	-28.451,21	-28.451,21
1	3.944,21	3.792,51
2	3.944,21	3.646,64
3	3.944,21	3.506,39
4	3.944,21	3.371,53
5	3.944,21	3.241,85
6	3.944,21	3.117,17
7	3.944,21	2.997,28
8	3.944,21	2.882,00
9	3.944,21	2.771,15
10	3.944,21	2.664,57
11	3.944,21	2.562,08
12	3.944,21	2.463,54
13	3.944,21	2.368,79
14	3.944,21	2.277,68
15	3.944,21	2.190,08
16	3.944,21	2.105,85
17	3.944,21	2.024,85
18	3.944,21	1.946,97
19	3.944,21	1.872,09
20	3.944,21	1.800,09
21	3.944,21	1.730,85
22	3.944,21	1.664,28
23	3.944,21	1.600,27
24	3.944,21	1.538,72
25	3.944,21	1.479,54
Σ		61.616,76

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

$$VAN = 61.616,76 - 28.451,21 = 33.165,55 \text{ €}$$

Como el valor del VAN es positivo, es un indicativo de que el proyecto es viable. Esto quiere decir que no solo se recupera la inversión inicial, sino que también genera una ganancia neta adicional a largo plazo.

1.4.2. Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)

Este indicador representa la tasa de descuento que hace que el VAN de los flujos de caja del proyecto sea igual a cero. En particular, el TIR da a entender cuanto puede generar de retorno una inversión futura ya que muestra el porcentaje de ingresos o pérdidas del proyecto como resultado de dicha inversión.

Para la estimación de este valor, se hace uso de la siguiente ecuación:

$$VAN = -I_0 + \sum_{n=1}^N \frac{C_n}{(1+r)^n} = 0$$

Donde:

- I_0 = Inversión inicial
- C_n = Flujo de caja en cada periodo de tiempo
- N = Número de periodos
- n = Periodo en el que se obtiene los beneficios de cada periodo
- r = Tasa Interna de Rentabilidad

$$VAN = -28.451,21 + \sum_{n=1}^N \frac{3.941,21}{(1+r)^n} = 0$$

$$r = TIR = 13,1 \%$$

En este caso se observa que el TIR tiene un valor del 13,1 %, es decir, superior a 0, por consiguiente, se considera al proyecto como una buena oportunidad de inversión y factible para llevar a cabo su ejecución.

1.4.3. Payback

El criterio del Payback, también conocido como Plazo de Recuperación, es un método de evaluación de inversiones definido como el tiempo necesario para recuperar el capital inicial invertido, empleando los datos del flujo de caja y el importe del capital dedicado a la implantación del proyecto. Se calcula mediante la siguiente expresión:

$$Payback = \sum_{j=1}^{j=PR} \frac{C_j}{(1+r)^j} - I_0$$

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

En la Tabla 8, se indican los cálculos pertinentes:

Tabla 8: Estimación del Plazo de Recuperación o Payback. Fuente: elaboración propia

PAYBACK				
AÑOS	FLUJO DE CAJA (€)	TIPO DE INTERÉS	FLUJO DESCONTADO (€)	FLUJO ACUMULADO (€)
0	-28.451,21	4 %	-28.451,21	-28.451,21
1	3.944,21	4 %	3.792,51	-24.658,70
2	3.944,21	4 %	3.646,64	-21.012,06
3	3.944,21	4 %	3.506,39	-17.505,67
4	3.944,21	4 %	3.371,53	-14.134,14
5	3.944,21	4 %	3.241,85	-10.892,29
6	3.944,21	4 %	3.117,17	-7.775,12
7	3.944,21	4 %	2.997,28	-4.777,85
8	3.944,21	4 %	2.882,00	-1.895,85
9	3.944,21	4 %	2.771,15	875,30
10	3.944,21	4 %	2.664,57	3.539,87
11	3.944,21	4 %	2.562,08	6.101,95
12	3.944,21	4 %	2.463,54	8.565,49
13	3.944,21	4 %	2.368,79	10.934,28
14	3.944,21	4 %	2.277,68	13.211,97
15	3.944,21	4 %	2.190,08	15.402,04
16	3.944,21	4 %	2.105,85	17.507,89
17	3.944,21	4 %	2.024,85	19.532,74
18	3.944,21	4 %	1.946,97	21.479,72
19	3.944,21	4 %	1.872,09	23.351,81
20	3.944,21	4 %	1.800,09	25.151,89
21	3.944,21	4 %	1.730,85	26.882,74
22	3.944,21	4 %	1.664,28	28.547,02
23	3.944,21	4 %	1.600,27	30.147,29
24	3.944,21	4 %	1.538,72	31.686,01
25	3.944,21	4 %	1.479,54	33.165,55

Tal y como queda reflejado en la tabla anterior, el proyecto recupera la inversión inicial en el año 9 cuando el flujo acumulado adquiere un valor positivo situándose en 875,30 € en donde la instalación fotovoltaica empieza a generar beneficios. Este valor se alinea dentro de los rangos típicos en este tipo de instalaciones solares, lo que sugiere una buena rentabilidad del proyecto.

2. RESULTADOS

Una vez calculados los indicadores de rentabilidad para evaluar la viabilidad económica de la instalación del sistema fotovoltaico en la almazara, se puede determinar si la implantación del proyecto resulta interesante desde el punto de vista financiero.

A continuación, se incluye un cuadro resumen con todos los indicadores de rentabilidad estimados para visualizar de manera más clara los resultados:

Tabla 9: Tabla resumen de los Indicadores de Rentabilidad

Valor Actual Neto (VAN)	33.165,55 €
Tasa Interna de Rentabilidad (TIR)	13,1 %
Payback	9 años

En primera instancia, el Valor Actual Neto (VAN) del proyecto es 33.165,55 € con una tasa de interés aplicada del 4 % lo que significa que los ingresos generados en el futuro serán mayores a la cantidad desembolsada en la inversión inicial. Este resultado positivo y por tanto satisfactorio demuestra la viabilidad del proyecto.

Seguidamente, el segundo indicador de rentabilidad estimado durante este análisis ha sido la Tasa Interna de Rentabilidad (TIR). El valor de este parámetro en el presente proyecto es del 13,1 % superando de manera significativa la tasa de actualización empleada del 4 %, lo que reafirma la rentabilidad de la instalación.

Como se puede observar en la tabla, el último indicador tomado en cuenta en la presente evaluación financiera es el Plazo de Recuperación o también llamado Payback. En este caso el valor calculado es de 9 años, lo cual significa que prestando atención a los flujos de caja descontados a un tipo de interés del 4%, el proyecto recuperará la inversión inicial en este tiempo y a partir de este punto la instalación generará beneficios netos, lo que es un gran indicativo de rentabilidad ya que la inversión inicial se recuperará en menos de la mitad de la vida útil de la instalación.

A continuación, se puede visualizar el siguiente gráfico que resume el análisis de la evaluación financiera y todo lo anteriormente mencionado:

ANEJO 6: EVALUACIÓN FINANCIERA

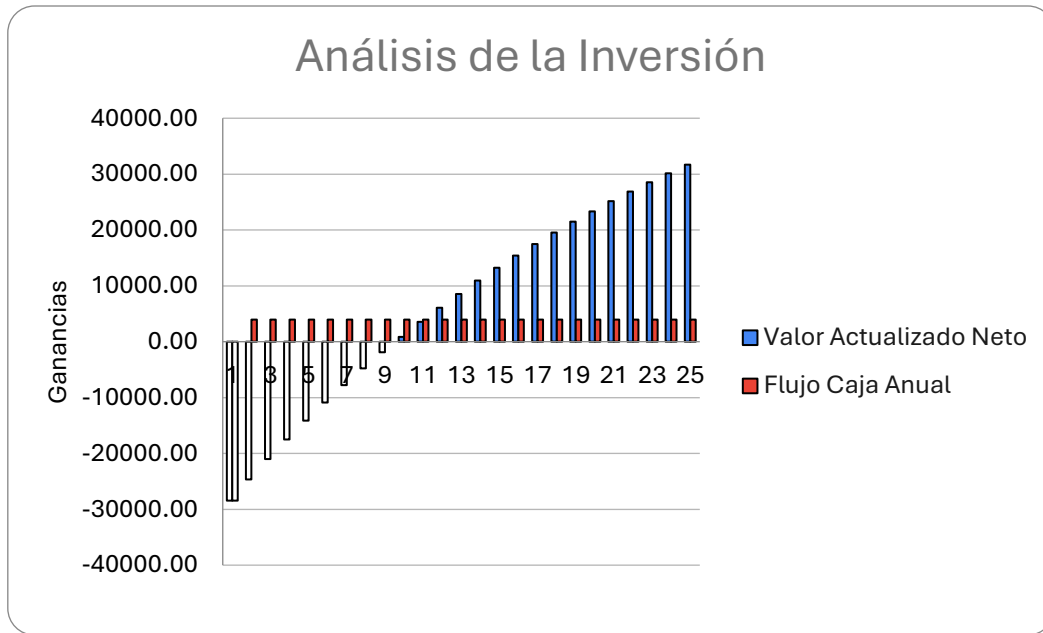


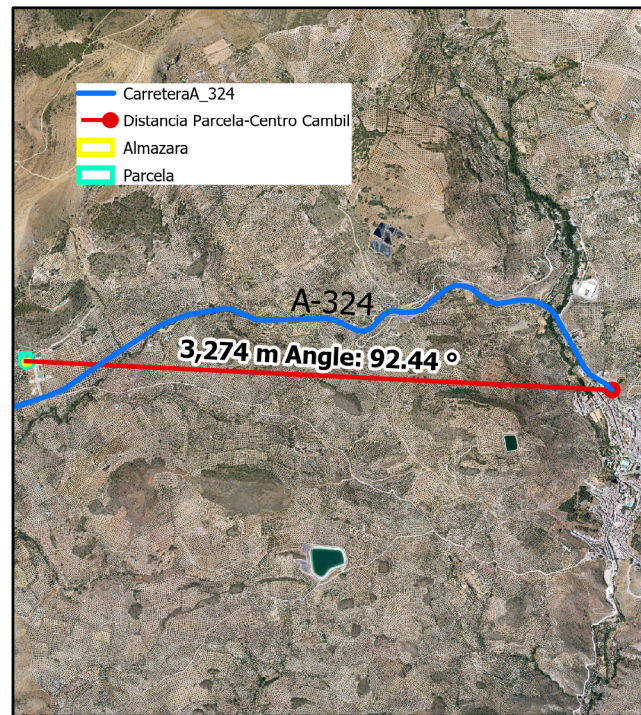
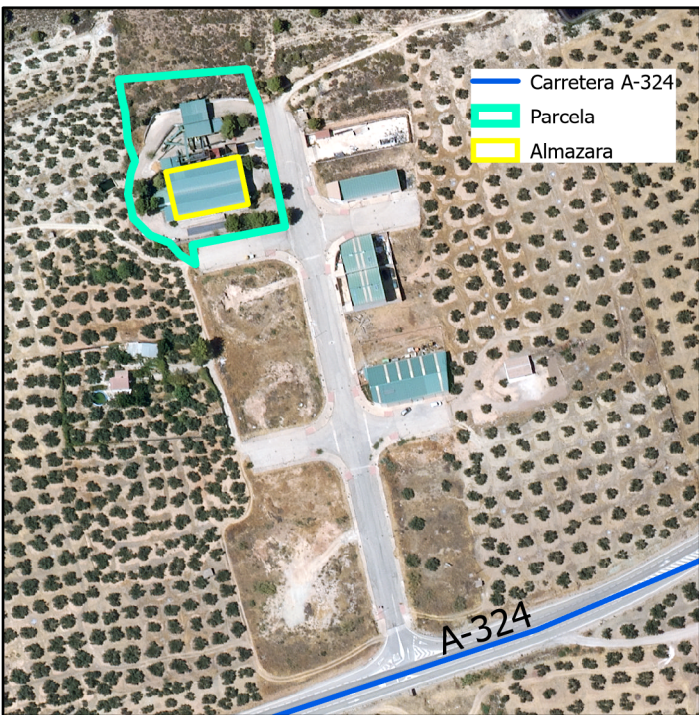
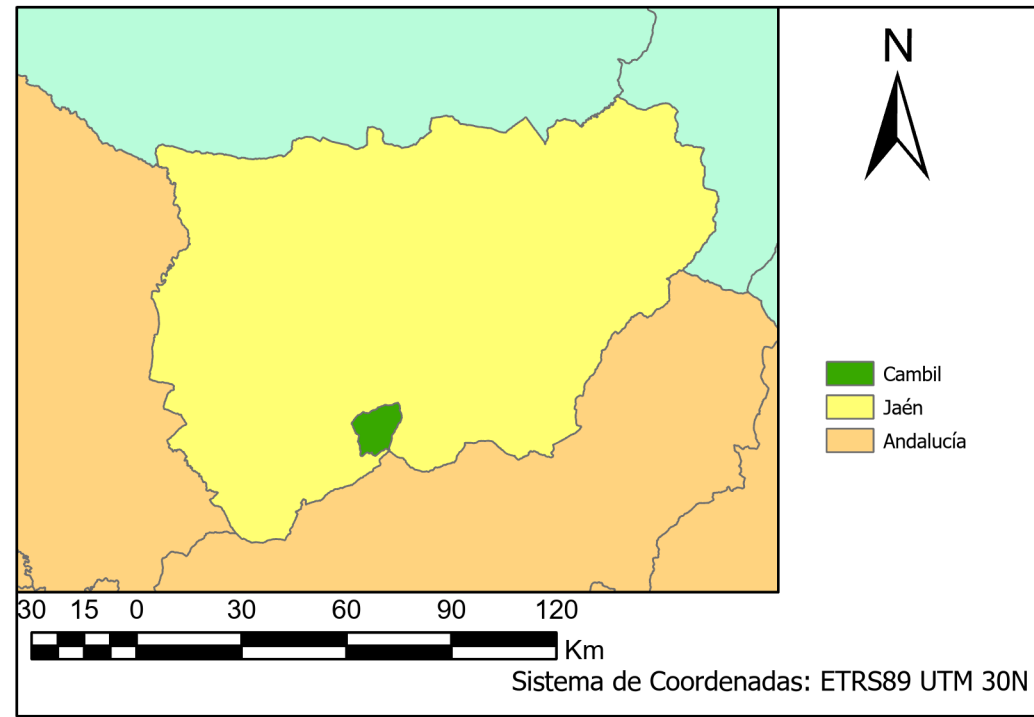
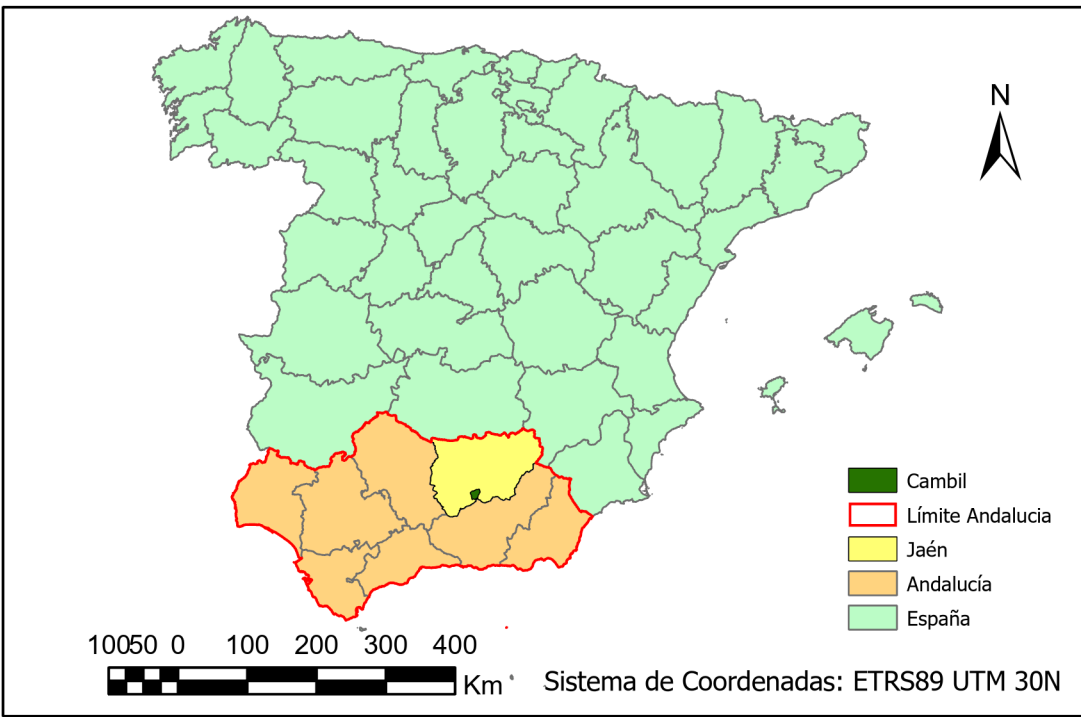
Ilustración 1: Análisis de la Evaluación Financiera

En conclusión, los resultados obtenidos afirman que el proyecto es una inversión rentable y viable a largo plazo. Además, las ganancias generadas después de recuperar el desembolso inicial corroboran que la decisión tomada por parte de la Cooperativa de instalar un sistema fotovoltaico en la almazara es interesante desde el punto de vista económico.

3. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 2024. Qué es el VAN: cómo se calcula y cómo se interpreta. *Cámara de Comercio de Madrid* | <https://www.mba-madrid.com/economia/valor-actual-neto-van/>
- 2023. Qué es el TIR: cómo se calcula y cómo se interpreta. *Cámara de Comercio de Madrid* | <https://www.mba-madrid.com/economia/que-es-tir-formula/>
- 2024. Material y recursos proporcionados en el Grado de Ingeniería Agroambiental
- Plantilla Excel para el cálculo de los indicadores de rentabilidad: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1aiW9IW7fkjYCBcJcKevW8efMHLjPmKnkXYdLReU-ZIA/edit?gid=0#gid=0>

DOCUMENTO N°2: PLANOS



Latitud: 37° 41' 0.03" N
 Longitud: 3° 36' 11.20" W
 Polígono Industrial Llanos de Ochoa Km 3 Crta A-324
 Referencia catastral: 6910301VG4761S0002KB

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
 ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

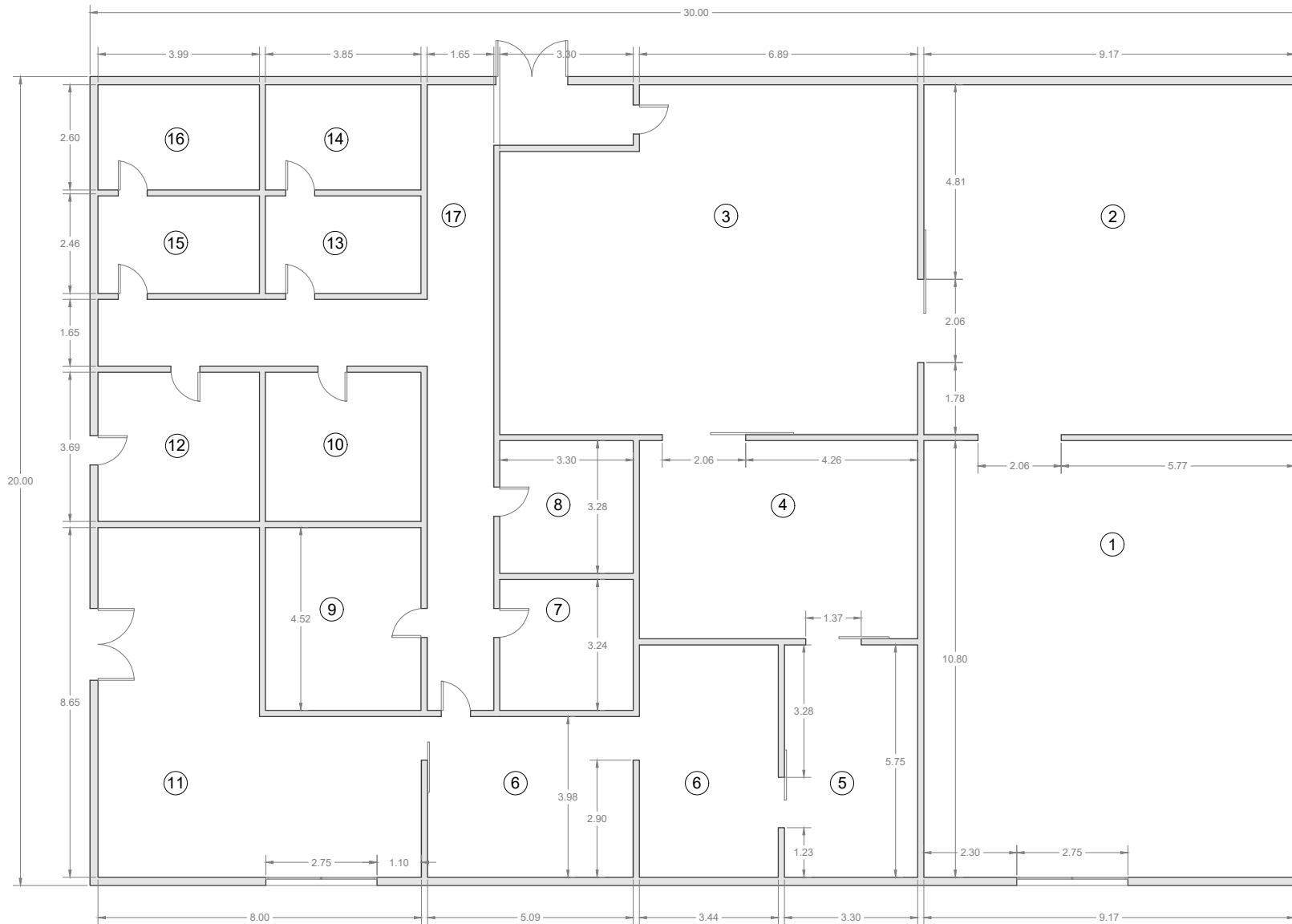
TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ALMAZARA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE 1.5000.000 KG DE ACEITUNA EN EL MUNICIPIO DE CAMBIL (JAÉN)

PLANO: LOCALIZACIÓN Nº 1

ESCALA: S/E
 FIRMA:
 ALUMNO: JOSÉ SEBASTIÁN CRUZ TENE

GRADO: INGENIERÍA
 AGROAMBIENTAL
 FECHA: FEBRERO 2025



LEYENDA DISTRIBUCIÓN

- 1 - ZONA DE RECEPCIÓN 99,03 m²
- 2 - ZONA DE LAVADO, PESAJE Y DESHUESADO 79,32 m²
- 3 - ZONA DE EXTRACCIÓN 82,69 m²
- 4 - ZONA DE ALMACENAMIENTO 33,76 m²
- 5 - ZONA DE ENVASADO 18,87 m²
- 6 - ALMACÉN DE PRODUCTO TERMINADO 40,03 m²
- 7 - LABORATORIO 10,69 m²
- 8 - CUARTO DE LIMPIEZA 10,82 m²
- 9 - SALA DE CALDERAS 17,40 m²
- 10 - SALA DE CATAS 14,20 m²
- 11 - PUNTO DE VENTA 49,83 m²
- 12 - DESPACHO 14,72 m²
- 13 - ASEO MASCULINO 9,47 m²
- 14 - VESTUARIO MASCULINO 10,01 m²
- 15 - ASEO FEMENINO 9,81 m²
- 16 - VESTUARIO FEMENINO 10,37 m²
- 17 - PASILLO 36,96 m²

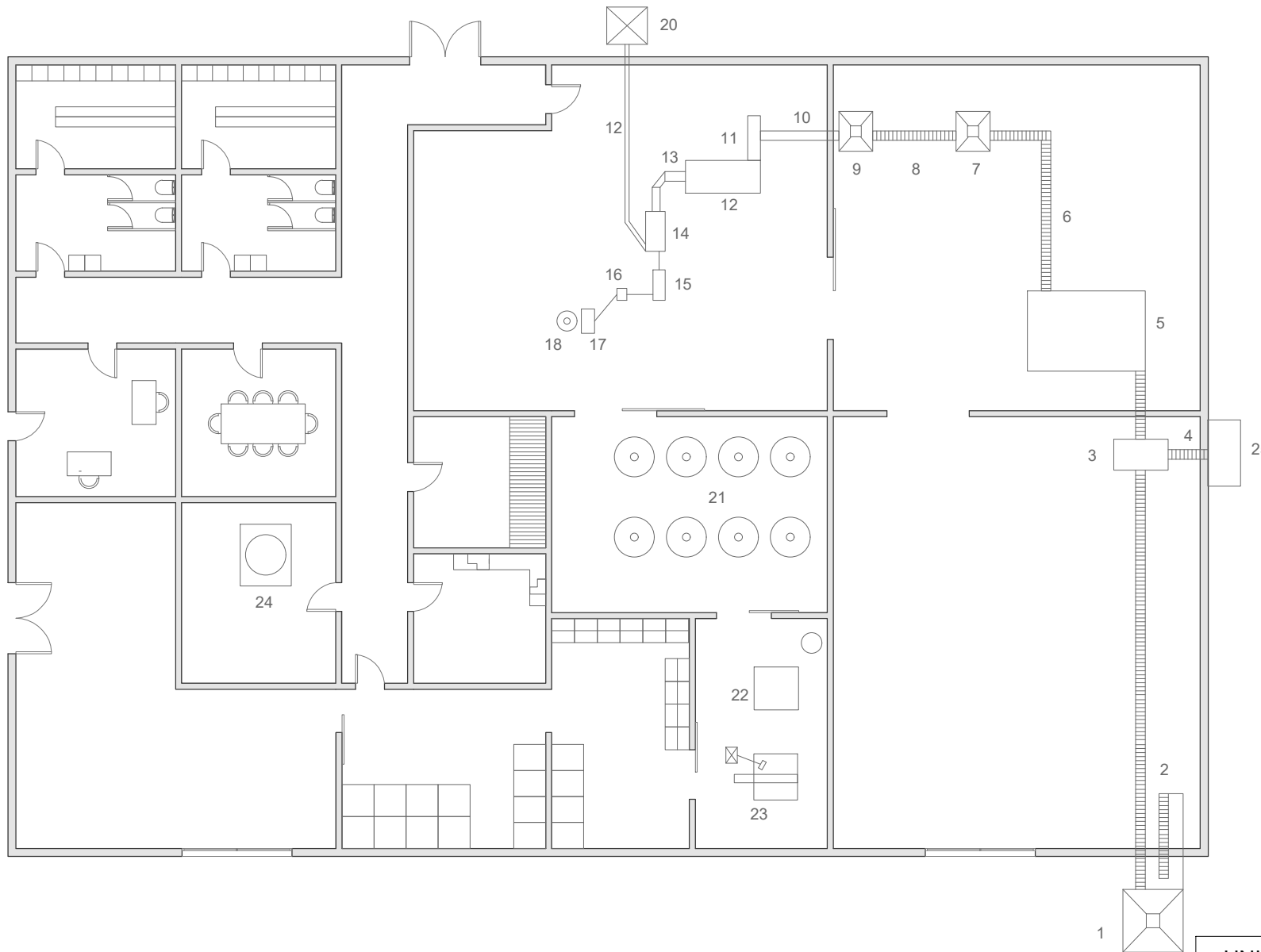
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRÓNOMICA,
 ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ALMAZARA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE 1.500.000 KG DE ACEITUNA EN EL MUNICIPIO DE CAMBIL (JAÉN)

PLANO: PLANTA DISTRIBUCIÓN Nº: 2

ESCALA: 1/150	FIRMA:	GRADO: INGENIERÍA AGROAMBIENTAL
ALUMNO: JOSÉ SEBASTIÁN CRUZ TENE		FECHA: FEBRERO 2025



LEYENDA MAQUINARIA	
1	- TOLVA DE RECEPCIÓN
2	- CINTA TRANSPORTADORA
3	- DESHOJADORA
4	- CINTA TRANSPORTADORA DE HOJAS
5	- LIMPIADORA, LAVADORA DE ACEITUNAS
6	- CINTA TRANSPORTADORA N°2
7	- TOLVA DE PESADO CONTINUO
8	- CINTA TRANSPORTADORA N°3
9	- TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE ACEITUNAS
10	- TORNILLO SINFIN
11	- MOLINO DE MARTILLOS
12	- BATIDORA
13	- BOMBA DE IMPULSIÓN
14	- DECANTER
15	- VIBROFILTRO
16	- BOMBA DE TRASIEGO DE ACEITE
17	- CENTRÍFUGA VERTICAL
18	- DEPÓSITO RECEPTOR DE ACEITE
19	- TRANSPORTADOR DE ALPERUJO
20	- TOLVA DE ALMACENAMIENTO DE ALPERUJO
21	- DEPÓSITOS DE ALMACENAMIENTO
22	- ENVASADORA
23	- ETIQUETADORA
24	- CALDERA
25	- CONTENEDOR DE HOJAS

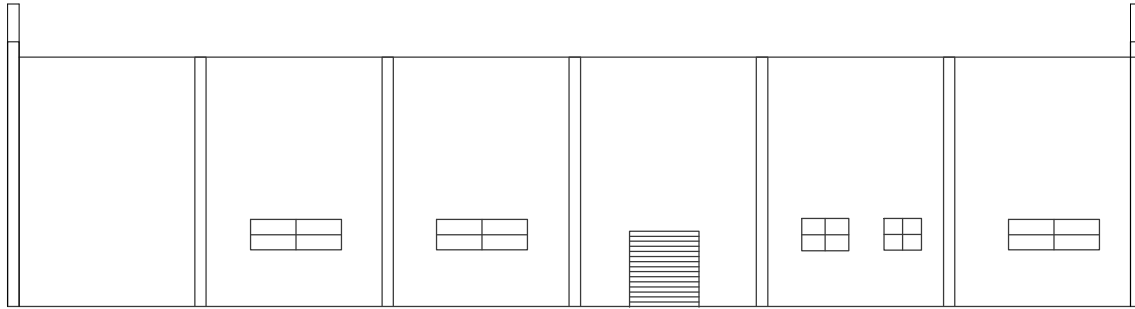
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

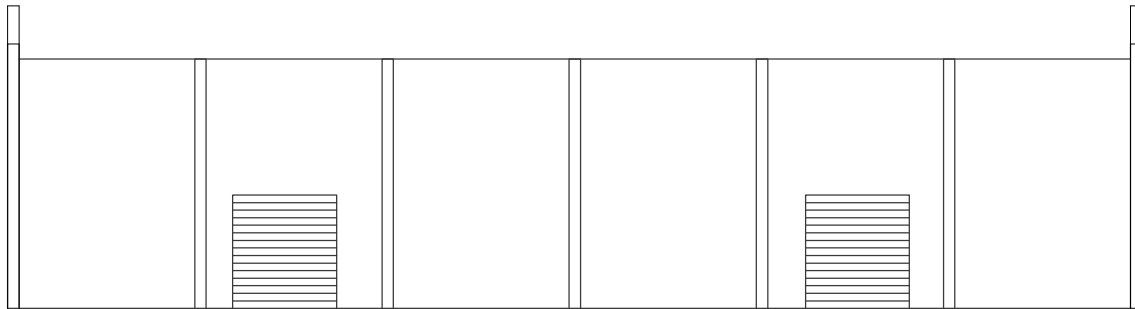
PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ALMAZARA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE 1.500.000 KG DE ACEITUNA EN EL MUNICIPIO DE CAMBIL (JAÉN)

PLANO: PLANTA DISTRIBUCIÓN CON MAQUINARIA Nº: 3

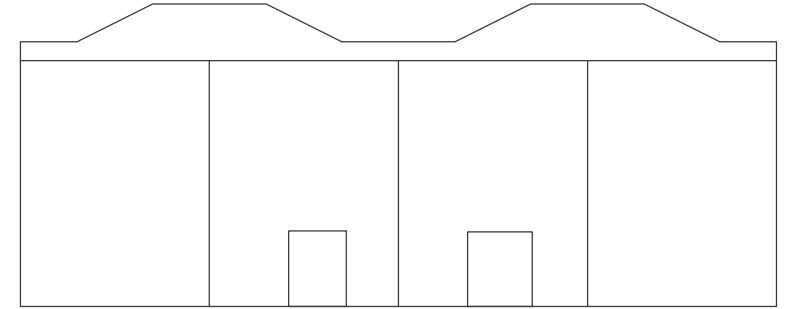
ESCALA: 1/150	FIRMA:	GRADO: INGENIERÍA AGROAMBIENTAL
	ALUMNO: JOSÉ SEBASTIÁN CRUZ TENE	FECHA: FEBRERO 2025



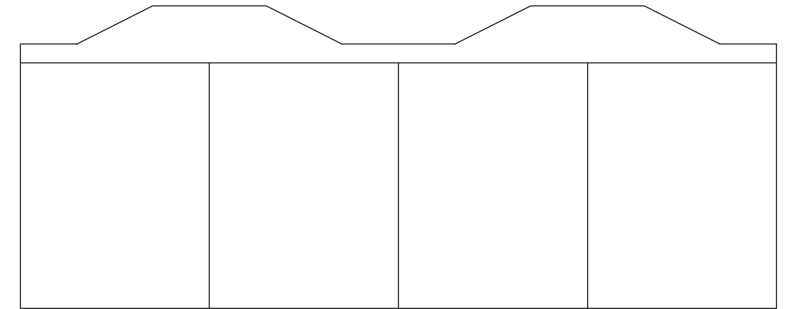
PERFIL IZQUIERDO



PERFIL DERECHO



PERFIL DELANTERO



PERFIL TRASERO

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
 ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ALMAZARA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE 1.500.000 KG DE ACEITUNA EN EL MUNICIPIO DE CAMBIL (JAÉN)

PLANO: ALZADOS

Nº: 4

ESCALA: 1/200

FIRMA:

ALUMNO: JOSÉ SEBASTIÁN CRUZ TENE

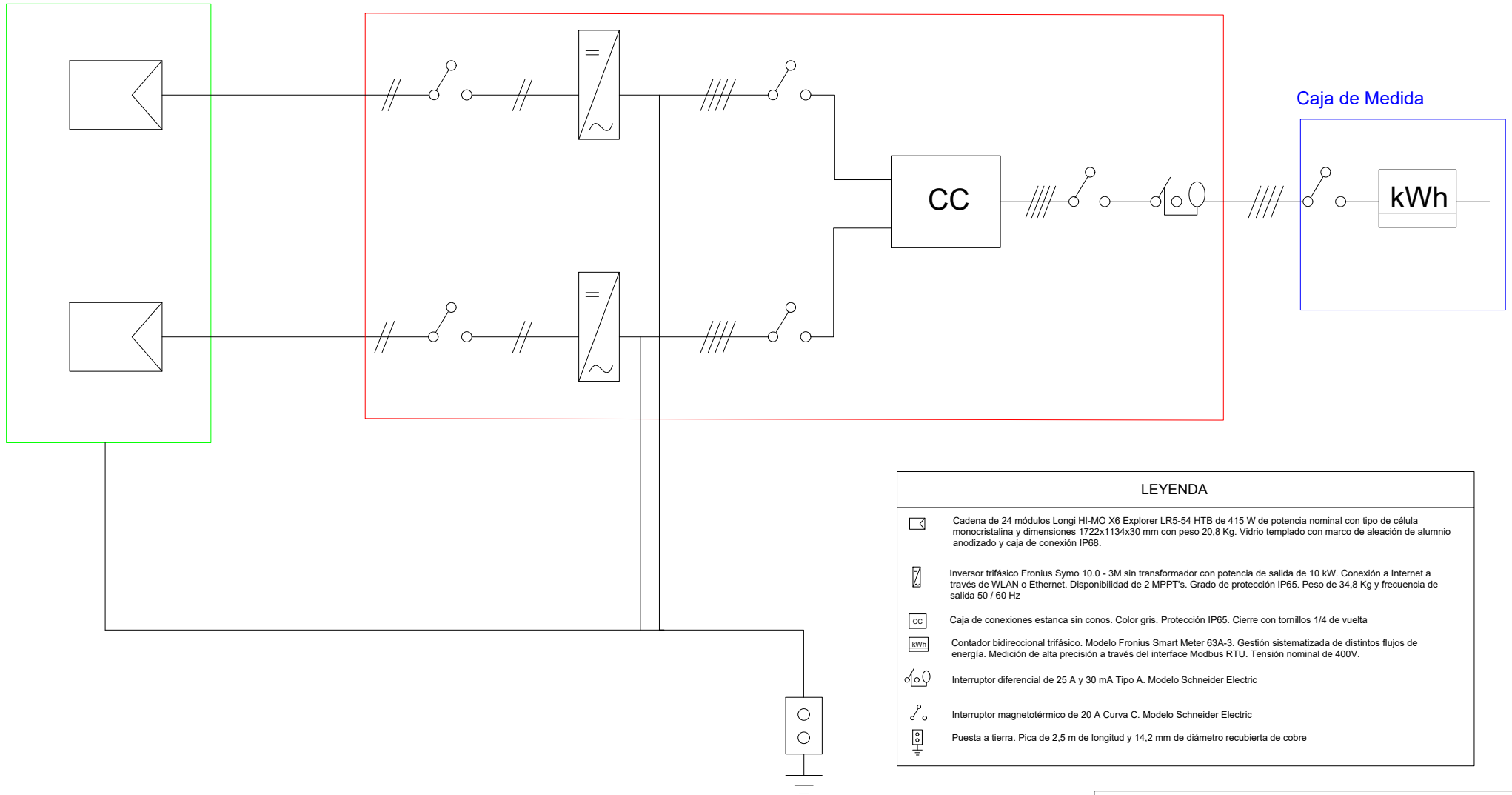
GRADO: INGENIERÍA AGROAMBIENTAL

FECHA: FEBRERO 2025








2 cadenas de módulos
 Longi LR5 - 54HTB 415W
 conectadas en serie

Armario de Inversores

Caja de Medida



LEYENDA

-  Cadena de 24 módulos Longi HI-MO X6 Explorer LR5-54 HTB de 415 W de potencia nominal con tipo de célula monocristalina y dimensiones 1722x1134x30 mm con peso 20,8 Kg. Vidrio templado con marco de aleación de aluminio anodizado y caja de conexión IP68.
-  Inversor trifásico Fronius Symo 10.0 - 3M sin transformador con potencia de salida de 10 kW. Conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet. Disponibilidad de 2 MPPT's. Grado de protección IP65. Peso de 34,8 Kg y frecuencia de salida 50 / 60 Hz
-  Caja de conexiones estanca sin conos. Color gris. Protección IP65. Cierre con tornillos 1/4 de vuelta
-  Contador bidireccional trifásico. Modelo Fronius Smart Meter 63A-3. Gestión sistematizada de distintos flujos de energía. Medición de alta precisión a través del interface Modbus RTU. Tensión nominal de 400V.
-  Interruptor diferencial de 25 A y 30 mA Tipo A. Modelo Schneider Electric
-  Interruptor magnetotérmico de 20 A Curva C. Modelo Schneider Electric
-  Puesta a tierra. Pica de 2,5 m de longitud y 14,2 mm de diámetro recubierta de cobre

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
 ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ALMAZARA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE 1.500.000 KG DE ACEITUNA EN EL MUNICIPIO DE CAMBIL (JAÉN)

PLANO: ESQUEMA UNIFILAR

Nº: 5

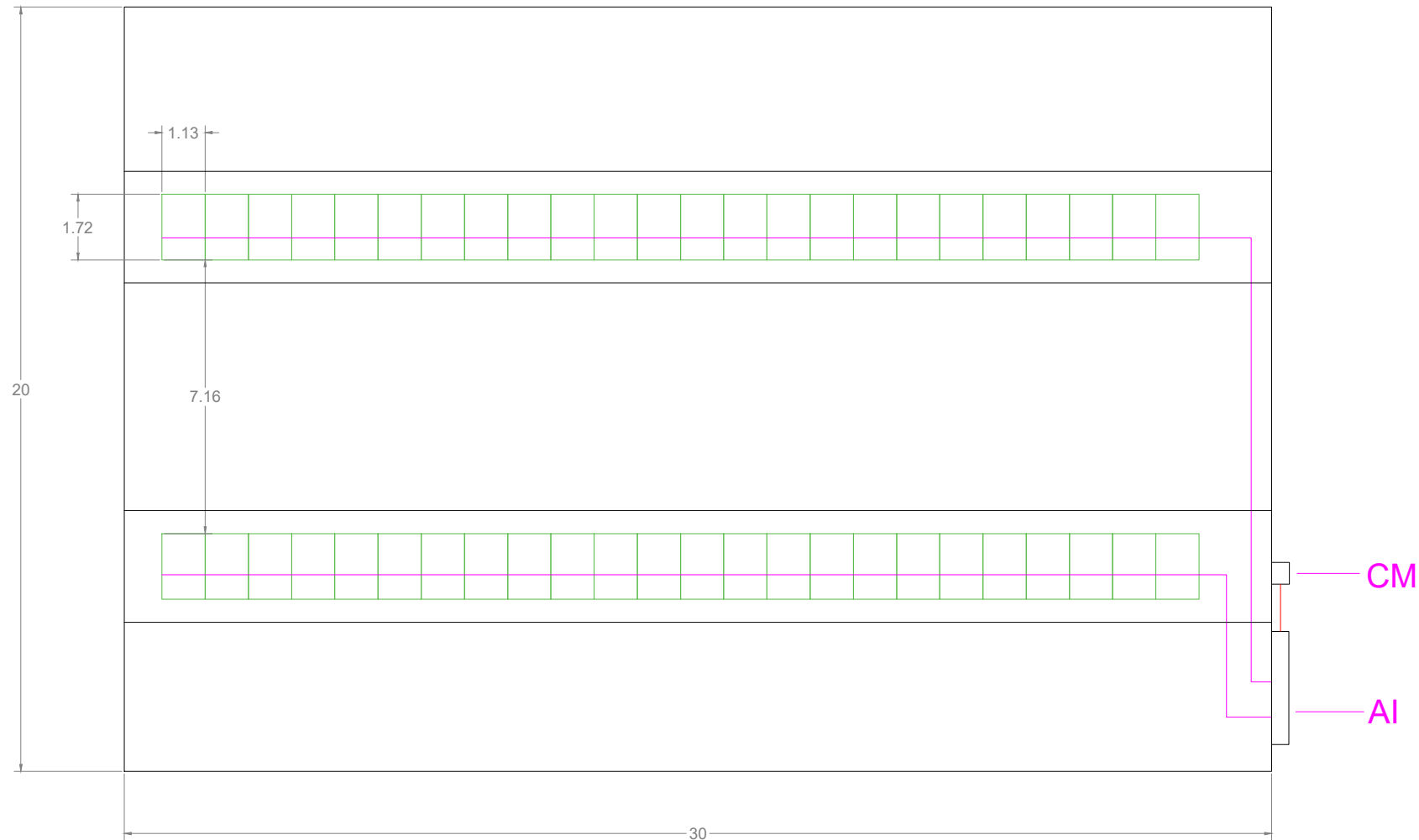
ESCALA: S/E




FIRMA:

ALUMNO: JOSÉ SEBASTIÁN CRUZ TENE

GRADO: INGENIERÍA AGROAMBIENTAL

FECHA: FEBRERO 2025




LEYENDA	
	Cable solar de corriente continua de 4 mm ² . Tipo H1Z2Z2-K. Certificado EN 50618. Tensión nominal 1500 V CC y aislamiento libre de halógenos. Resistente a rayos UV
	Cable eléctrico de corriente alterna de 10 mm ² . Tipo RV-K 06/1kV. Libre de halógenos con aislamiento XLP3
	Cadena de 24 módulos Longi HI-MO X6 Explorer LR5-54 HTB de 415 W de potencia nominal con tipo de célula monocristalina y dimensiones 1722x1134x30 mm con peso 20,8 Kg. Vidrio templado con marco de aleación de aluminio anodizado y caja de conexión IP68
CM	Cuadro de medida Hager 48 módulos con protección IP65. Modelo Vector VE412E
AI	Armario Inversor aislante de poliéster Schneider Electric. Reforzado con fibra de vidrio para carrocería y vidrio templado para la puerta. Protección IP66

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA AGRONÓMICA,
 ALIMENTARIA Y DE BIOSISTEMAS

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO: INSTALACIÓN DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO EN UNA ALMAZARA PARA LA TRANSFORMACIÓN DE 1.500.000 KG DE ACEITUNA EN EL MUNICIPIO DE CAMBIL (JAÉN)

PLANO: CONEXIONES Nº: 6

ESCALA: S/E	FIRMA: 	GRADO: INGENIERÍA AGROAMBIENTAL
	ALUMNO: JOSÉ SEBASTIÁN CRUZ TENE	FECHA: FEBRERO 2025

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

ÍNDICE

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES	5
1.1. Objeto	5
1.2. Campo de aplicación	5
1.3. Normativa	5
1.4. Documentos del proyecto	6
1.5. Permisos y Licencias	6
1.6. Obligaciones del Contratista.....	6
2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES	7
2.1. Pliego de Condiciones Facultativas.....	7
2.1.1. Delimitación general de las funciones técnicas.....	7
2.1.1.1. Promotor	7
2.1.1.2. Proyectista	8
2.1.1.3. Ingeniero director de obra.....	9
2.1.1.4. Ingeniero director de la ejecución de obra.....	10
2.1.1.5. Constructor	11
2.1.2. Obligaciones y derechos generales del constructor.....	12
2.1.2.1. Verificación de los documentos del proyecto	12
2.1.2.2. Plan de Seguridad e Higiene.....	12
2.1.2.3. Trabajos no estipulados expresamente	12
2.1.2.4. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.	13
2.1.2.5. Faltas de personal	13
2.1.3. Prescripciones generales relativas a los trabajos y a los materiales	13
2.1.3.1. Caminos y accesos.....	13
2.1.3.2. Replanteo	14
2.1.3.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de trabajos	14
2.1.3.4. Orden de los trabajos	14
2.1.3.5. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor	14
2.1.3.6. Prórroga por causa de fuerza mayor	14
2.1.3.7. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra	15
2.1.3.8. Condiciones generales de ejecución de los trabajos.....	15
2.1.3.9. Obras.....	15

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

2.1.3.10. Trabajos defectuosos	15
2.1.3.11. Procedencia de los materiales y los aparatos	15
2.1.3.12. Materiales no utilizables	16
2.1.3.13. Limpieza de las obras	16
2.1.3.14. Obras sin documentación final de la obra	16
2.1.3.15. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra	16
2.1.3.16. Plazo de garantía.....	16
2.1.3.17. Prórroga del plazo de garantía	17
2.2. Pliego de Condiciones Económicas.....	17
2.2.1. Principio general.....	17
2.2.2. Fianzas	17
2.2.2.1. De su devolución en general.....	17
2.2.2.2. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales	17
2.2.3. Precios	17
2.2.3.1. Composición de precios unitarios	18
2.2.3.2. Gastos Generales	18
2.2.3.3. Beneficio Industrial	18
2.2.3.4. Precio de Ejecución Material.....	18
2.2.3.5. Precio de Contrata	18
2.2.3.6. Precios contradictorios	19
2.2.3.7. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas	19
2.2.3.8. Formas tradicionales de medir o aplicar los precios.....	19
2.2.3.9. De la revisión de los precios contratados	19
2.2.3.10. Acopio de materiales	20
2.2.3.11. Mejoras de obras libremente ejecutadas	20
2.2.3.12. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada	20
2.2.3.13. Pagos.....	20
2.2.3.14. Abonos de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía	21
2.2.4. Indemnizaciones mutuas	21
2.2.4.1. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras	21
2.2.4.2. Demoras de los pagos	21
2.2.5. Varios	21

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

2.2.5.1. Seguro de las obras	21
2.3. Pliego de Condiciones Legales	22
2.3.1. El Contrato.....	22
2.3.1.1. Formalización del contrato	22
2.3.1.2. Causas de rescisión de contrato	22
2.3.2. Responsabilidad del contratista	23
2.3.2.1. Medidas preparatorias.....	23
2.3.2.2. Legislación social	23
2.3.2.3. Medidas de seguridad	24
2.3.2.4. Permisos y licencias.....	24
2.3.2.5. Seguro de obra	24
2.3.2.6. Subcontratas	25
3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS	25
3.1. Diseño	25
3.1.1. Generalidades	25
3.1.2. Orientación e inclinación y sombras	26
3.1.3. Diseño del sistema de monitorización	26
3.1.4. Integración arquitectónica	27
3.2. Componentes y materiales.....	27
3.2.1. Generalidades	27
3.2.2. Sistemas generadores fotovoltaicos.....	28
3.2.3. Estructura de soporte	30
3.2.4. Inversores	31
3.2.5. Cableado	32
3.2.6. Conexión a red.....	33
3.2.7. Medidas	33
3.2.8. Protecciones.....	33
3.2.9. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas	33
3.2.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética	34
3.2.11. Medidas de seguridad	34

1. PLIEGO DE CONDICIONES GENERALES

1.1. Objeto

El presente Pliego de Condiciones generales tiene como objeto el establecimiento de los fundamentos y las regulaciones técnicas, administrativas, legales y financieras sobre las cuales se dirigirá la ejecución del proyecto de instalación fotovoltaica en la almazara. En todo momento, dicho documento se encargará de garantizar que el trabajo se realice bajo las especificaciones técnicas del proyecto y cumpliendo con la normativa vigente.

1.2. Campo de aplicación

El presente Pliego de Condiciones se refiere al suministro e instalación de materiales necesarios para la ejecución de una instalación fotovoltaica conectada a la red, cuyo promotor es la Cooperativa S.C.A Trujal de Mágina situada en el Término Municipal de Cambil (Jaén).

1.3. Normativa

- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.
- 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 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- Real Decreto-ley 15/2018, de 5 de octubre, de medidas urgentes para la transición energética y la protección de los consumidores.
- Real Decreto-ley 23/2020, de 23 de junio, por el que se aprueban medidas en materia de energía y en otros ámbitos para la reactivación económica.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

- Documento Básico HE: Ahorro de Energía
- Normas UNE de obligatorio cumplimiento publicadas por el Instituto de Racionalización y Normalización.
- Código Técnico de la Edificación (CTE), que desarrolla y permite el cumplimiento de la Ley 38/1999 de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación.
- Real Decreto 486/1997 de 14 de abril por el cual se establecen las disposiciones mínimas de Seguridad y Salud en los lugares de trabajo.
- Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre sobre disposiciones mínimas en materia de seguridad y salud en Obras de Construcción.
- Ley 31/95 de Prevención de Riesgos Laborales.
- Real Decreto 1955/2000 por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de instalaciones de energía eléctrica.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a la Red, establecidos por el IDAE (PCT-C-REV-Julio 2011).

1.4. Documentos del proyecto

Comprende el presente Proyecto, además del presente Pliego de Condiciones, los documentos adjuntos de Memoria y Anejos, Planos, Presupuesto y Evaluación Financiera.

1.5. Permisos y Licencias

El peticionario deberá obtener todos los permisos y licencias necesarias para la ejecución de todas las obras y abonará todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de aquellos permisos.

1.6. Obligaciones del Contratista

La obligación del Contratista será el suministro de todos los materiales, equipos, mano de obra, servicios, accesorios y ejecución de todas las operaciones necesarias para el perfecto

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

acabado y puesta en marcha de la instalación fotovoltaica descrita en la Memoria, representada en el documento Planos y valorada en el documento Presupuesto y la cual será montada de acuerdo con el presente Pliego de Condiciones Técnicas. Todos los suministros y trabajos referidos se entienden incluidos en el precio total de contratación. El contratista y el/los subcontratista/as deberá estar al día en sus obligaciones tributarias, así como con la Seguridad Social en el momento de iniciar las obras.

El contratista o subcontratista/as deberán estar al día en la normativa vigente que afecta a las instalaciones a las cuales ofertan su trabajo. La incorrecta ejecución de la instalación por parte del contratista en referencia a dichas normas o prescripciones, delimitarán la responsabilidad del técnico que suscribe, siendo el contratista o subcontratista/as el único responsable. Antes de iniciar las obras deberán solicitar una copia del proyecto técnico a la propiedad para sus estudio y análisis, y concertar con el ingeniero director de obra un replanteo general antes de iniciar los trabajos. Durante la ejecución de los mismos y ante una duda manifiesta de imposibilidad de ejecución de lo proyectado consultará al técnico director otras soluciones técnicas alternativas.

Para la buena ejecución de las obras el ingeniero creará el libro de órdenes, que estará a la custodia del contratista en la caseta o espacio habilitado dentro de la obra. El contratista y subcontratista consultarán el libro de ordenes lo indicado por el técnico redactor para la buena ejecución de la obra. También mantendrá una copia del proyecto técnico en la obra.

2. PLIEGO DE CONDICIONES PARTICULARES

2.1. Pliego de Condiciones Facultativas

2.1.1. Delimitación general de las funciones técnicas

2.1.1.1. Promotor

Será considerado promotor cualquier persona, física o jurídica, publica o privada, que individual o colectivamente, decide, impulsa, programa y financia, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

El promotor, de acuerdo con lo que establece el Código Civil, podrá desistir en cualquier momento de la realización de las obras, sin perjuicio de la indemnización que, en su caso, deba satisfacer.

El promotor estará obligado a suministrar los recursos necesarios para la buena marcha de la ejecución, abonando las certificaciones de obra del modo y forma que se haya establecido en el contrato correspondiente.

Está obligado a facilitar al Técnico Superior Director, copia del contrato a efecto de que este certifique de acuerdo con lo pactado.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

En caso de no ser facilitado este documento, la Dirección Técnica certificará según criterio e independientemente del preestablecido entre la propiedad y el contratista.

2.1.1.2. Projectista

El proyectista es el agente que redacta el proyecto por encargo del promotor con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente.

Podrán redactar proyectos parciales del proyecto, o partes que lo complementen otros técnicos de forma coordinada con el autor de este.

Cuando el proyecto se desarrolle o complete mediante proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de esta Ley, cada proyectista asumirá la titularidad de su proyecto.

Son obligaciones del proyectista:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) del apartado 1 del artículo 2, la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo b) del apartado 1 del artículo 2, la titulación académica y profesional habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus respectivas especialidades y competencias específicas.

Cuando el proyecto a realizar tenga por objeto la construcción de edificios comprendidos en el grupo c) del apartado 1 del artículo 2, la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.

Idénticos criterios se seguirán respecto de los proyectos de obras a las que se refieren los apartados 2.b) y 2.c) del artículo 2 de esta Ley.

En todo caso y para todos los grupos, en los aspectos concretos correspondientes a sus especialidades y competencias específicas, y en particular respecto de los elementos complementarios a que se refiere el apartado 3 del artículo 2, podrán asimismo intervenir otros técnicos titulados del ámbito de la arquitectura o de la ingeniería, suscribiendo los trabajos por

ellos realizados y coordinados por el proyectista. Dichas intervenciones especializadas serán preceptivas si así lo establece la disposición legal reguladora del sector de actividad de que se trate.

- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.

2.1.1.3. Ingeniero director de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto. Podrán dirigir las obras de los proyectos parciales otros técnicos, bajo la coordinación del director de obra. Son obligaciones del director de obra:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.

En el caso de la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) del apartado 1 del artículo 2, la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto.

Cuando las obras a realizar tengan por objeto la construcción de las edificaciones indicadas en el grupo b) del apartado 1 del artículo 2, la titulación habilitante, con carácter general, será la de ingeniero, ingeniero técnico o arquitecto y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.

Cuando las obras a realizar tengan por objeto la construcción de las edificaciones indicadas en el grupo c) del apartado 1 del artículo 2, la titulación habilitante será la de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico y vendrá determinada por las disposiciones legales vigentes para cada profesión, de acuerdo con sus especialidades y competencias específicas.

Idénticos criterios se seguirán respecto de las obras a las que se refieren los apartados 2.b) y 2.c) del artículo 2 de esta Ley.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectadas a las características geotécnicas del terreno.
- Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Las relacionadas en el artículo 13, en aquellos casos en los que el director de la obra y el director de la ejecución de la obra sea el mismo profesional, si fuera ésta la opción elegida, de conformidad con lo previsto en el apartado 2.a) del artículo 13.

2.1.1.4. Ingeniero director de la ejecución de obra

Es el agente que, formando parte de la dirección facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Son obligaciones del director de la ejecución de obra:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.

Cuando las obras a realizar tengan por objeto la construcción de edificios para los usos indicados en el grupo a) del apartado 1 del artículo 2, la titulación académica y profesional habilitante será la de arquitecto técnico.

Será ésta, asimismo, la titulación habilitante para las obras del grupo b) que fueran dirigidas por arquitectos.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

En los demás casos la dirección de la ejecución de la obra puede ser desempeñada, indistintamente, por profesionales con la titulación de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico.

- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.

2.1.1.5. Constructor

Es el agente que asume, contractualmente ante el promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al proyecto y al contrato, y siguiendo las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra.

Corresponde al constructor:

- Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obras que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar, el Plan de Seguridad e Higiene de la obra en aplicación del estudio correspondiente y disponer en todo caso la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de Seguridad e higiene en el trabajo, en concordancia con las previstas en la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo aprobada por O.M. 09/03/1971, y Real Decreto 1627/1997 de 24 de octubre.
- Suscribir con el Ingeniero el acta de replanteo de la obra.
- Ostentar la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordinar las intervenciones de los subcontratistas.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparativos en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del Ingeniero Técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar el Libro de órdenes y seguimiento de la obra, y dar el enterado a las anotaciones que se practiquen en el mismo. Facilitar al Ingeniero con antelación suficiente los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el Promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Deberá tener siempre en la obra un número proporcionado de obreros a la extensión de los trabajos que se estén ejecutando.

2.1.2. Obligaciones y derechos generales del constructor

2.1.2.1. Verificación de los documentos del proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el Constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada o, en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

El Contratista se sujetará a las Leyes, Reglamentos y Ordenanzas vigentes, así como a las que se dicten durante la ejecución de la obra.

2.1.2.2. Plan de Seguridad e Higiene

El Constructor, a la vista del Proyecto de Ejecución, conteniendo, en su caso, el Estudio básico de Seguridad y Salud, presentará el Plan de Seguridad e Higiene de la obra a la aprobación del Técnico de la Dirección Facultativa.

2.1.2.3. Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuanto sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de Proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el Ingeniero dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

El Contratista, de acuerdo con la Dirección Facultativa, entregará en el acto de la recepción provisional, los planos de todas las instalaciones ejecutadas en la obra, con las modificaciones o estado definitivo en que hayan quedado.

El Contratista se compromete igualmente a entregar las autorizaciones que preceptivamente tienen que expedir las Delegaciones Provinciales de Industria, Sanidad, etc., y autoridades locales, para la puesta en servicio de las referidas instalaciones.

Son también por cuenta del Contratista, todos los arbitrios, licencias municipales, vallas, alumbrado, multas, etc., que ocasionen las obras desde su inicio hasta su total terminación.

2.1.2.4. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones de los documentos del proyecto.

Cuando se trate de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliego de Condiciones o indicaciones de los planos o croquis, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán precisamente por escrito al Constructor estando éste obligado a su vez a devolver los originales o las copias suscribiendo con su firma el enterado, que figurará al pie de todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba del Ingeniero. Cualquier reclamación que en contra de las disposiciones tomadas por éstos crea oportuna hacer el Constructor, habrá de dirigirla, dentro precisamente del plazo de tres días, a quien la hubiera dictado, el cual dará al Constructor, el correspondiente recibo, si este lo solicitase.

El Constructor podrá requerir del Ingeniero o del Ingeniero Técnico, según sus respectivos cometidos, las instrucciones o aclaraciones que se precisen para la correcta interpretación y ejecución de lo proyectado.

2.1.2.5. Faltas de personal

El Ingeniero, en supuestos de desobediencia a sus instrucciones, manifiesta incompetencia o negligencia grave que comprometan o perturben la marcha de los trabajos, podrá requerir al Contratista para que aparte de la obra a los dependientes u operarios causantes de la perturbación.

El Contratista podrá subcontratar capítulos o unidades de obra a otros contratistas e industriales, con sujeción en su caso, a lo estipulado en el Pliego de Condiciones Particulares y sin perjuicio de sus obligaciones como Contratista general de la obra.

2.1.3. Prescripciones generales relativas a los trabajos y a los materiales

2.1.3.1. Caminos y accesos

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y el cerramiento o vallado de ésta. El Ingeniero podrá exigir su modificación o mejora.

Así mismo el Constructor se obligará a la colocación en lugar visible, a la entrada de la obra, de un cartel exento de panel metálico sobre estructura auxiliar donde se reflejarán los datos de la obra en relación con el título de la misma, entidad promotora y nombres

de los técnicos competentes, cuyo diseño deberá ser aprobado previamente a su colocación por la Dirección Facultativa.

2.1.3.2. Replanteo

El Constructor iniciará las obras con el replanteo de las mismas en el terreno, señalando las referencias principales que mantendrá como base de ulteriores replanteos parciales. Dichos trabajos se considerarán a cargo del Contratista e incluidos en su oferta.

El Constructor someterá el replanteo a la aprobación del Ingeniero y una vez este haya dado su conformidad preparará un acta acompañada de un plano que deberá ser aprobada por el Ingeniero, siendo responsabilidad del Constructor la omisión de este trámite.

2.1.3.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de trabajos

El Constructor dará comienzo a las obras en el plazo marcado en el Pliego de Condiciones Particulares, desarrollándolas en la forma necesaria para que dentro de los períodos parciales en aquél señalados queden ejecutados los trabajos correspondientes y, en consecuencia, la ejecución total se lleve a efecto dentro del plazo exigido en el Contrato.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta al Ingeniero del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

2.1.3.4. Orden de los trabajos

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en los que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

2.1.3.5. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el Ingeniero en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

El Constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la Dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente.

2.1.3.6. Prórroga por causa de fuerza mayor

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable del Ingeniero. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido al Ingeniero, la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

2.1.3.7. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obra estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

2.1.3.8. Condiciones generales de ejecución de los trabajos

Todos los trabajos se ejecutarán con estricta sujeción al Proyecto, a las modificaciones del mismo que previamente hayan sido aprobadas y a las órdenes e instrucciones que bajo su responsabilidad y por escrito entregue el Ingeniero al Constructor, dentro de las limitaciones presupuestarias.

2.1.3.9. Obras

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por triplicado, siendo entregados: uno, al Ingeniero; otro a la Propiedad; y el tercero, al Contratista, firmados todos ellos por los tres. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

2.1.3.10. Trabajos defectuosos

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en las "Condiciones Generales y Particulares de índole Técnica" del Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala gestión o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exima de responsabilidad el control que compete al Ingeniero, ni tampoco el hecho de que los trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre serán extendidas y abonadas a buena cuenta. Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando el Ingeniero advierta vicios o defectos en los trabajos citados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, y para verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado, y todo ello a expensas de la contrata. Si ésta no estimase justa la decisión y se negase a la demolición y reconstrucción o ambas, se planteará la cuestión ante la Propiedad, quien resolverá.

2.1.3.11. Procedencia de los materiales y los aparatos

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el Pliego Particular de Condiciones Técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y para proceder a su empleo o acopio, el Constructor deberá presentar al Ingeniero Técnico una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se indiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

2.1.3.12. Materiales no utilizables

El Constructor, a su costa, transportará y colocará, agrupándolos ordenadamente y en el lugar adecuado, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no sean utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero, cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra. Si no se hubiese preceptuado nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene el Ingeniero.

2.1.3.13. Limpieza de las obras

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca un buen aspecto.

2.1.3.14. Obras sin documentación final de la obra

El Ingeniero Director facilitará a la Propiedad la documentación final de las obras, con las especificaciones y contenido dispuesto por la legislación vigente.

2.1.3.15. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por el Ingeniero a su medición definitiva, con precisa asistencia del Constructor o de su representante. Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por el Ingeniero con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

2.1.3.16. Plazo de garantía

El plazo de garantía será de doce meses, y durante este período el Contratista corregirá los defectos observados, eliminará las obras rechazadas y reparará las averías que por esta causa se produjeran, todo ello por su cuenta y sin derecho a indemnización alguna, ejecutándose en caso de resistencia dichas obras por la Propiedad con cargo a la fianza.

El Contratista garantiza a la Propiedad contra toda reclamación de tercera persona, derivada del incumplimiento de sus obligaciones económicas o disposiciones legales relacionadas con la obra. Una vez aprobada la Recepción y Liquidación Definitiva de las obras, la Administración tomará acuerdo respecto a la fianza depositada por el Contratista.

Tras la Recepción Definitiva de la obra, el Contratista quedará relevado de toda responsabilidad salvo en lo referente a los vicios ocultos de la construcción.

2.1.3.17. Prórroga del plazo de garantía

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y el Ingeniero Director marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquellos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

2.2. Pliego de Condiciones Económicas

2.2.1. Principio general

Todos los que intervienen en el proceso de construcción tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La Propiedad, el Contratista y, en su caso, los Técnicos, pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

2.2.2. Fianzas

El Contratista prestará fianza con arreglo a alguno de los siguientes procedimientos según se estipule:

- Depósito previo, en metálico o valores, o aval bancario.
- Mediante retención en las certificaciones parciales o pagos a cuenta en igual a proporción.

2.2.2.1. De su devolución en general

La fianza retenida será devuelta al Contratista una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La Propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos...

2.2.2.2. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales

Si la Propiedad, con la conformidad del Ingeniero Director, accediera a hacer recepciones parciales, tendrá derecho el Contratista a que se le devuelva la parte proporcional de la fianza.

2.2.3. Precios

2.2.3.1. Composición de precios unitarios

El cálculo de los precios de las distintas unidades de la obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

Se considerarán costes directos:

- La mano de obra, con sus pluses, cargas y seguros sociales, que intervienen directamente en la ejecución de la unidad de obra.
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de la obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de la seguridad e higiene para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tenga lugar por accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obras.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

Se considerarán costes indirectos:

- Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos.
- Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

2.2.3.2. Gastos Generales

Los Gastos Generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos. En este caso un 9%.

2.2.3.3. Beneficio Industrial

El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas.

2.2.3.4. Precio de Ejecución Material

Se denominará Precio de Ejecución Material al resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial y los gastos generales.

2.2.3.5. Precio de Contrata

El precio de Contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el Beneficio Industrial.

En el caso de que los trabajos a realizar en un edificio u obra aneja cualquiera, se contratasen a riesgo y ventura, se entiende por Precio de Contrata el que importa el coste total de la unidad de obra, es decir, el precio de Ejecución material, más el tanto por ciento

(%) sobre este último precio en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista. Los Gastos Generales se estiman normalmente en un 9 % y el beneficio se estima normalmente en 6%, salvo que en las condiciones particulares se establezca otro destino.

2.2.3.6. Precios contradictorios

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Ingeniero decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios. A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre el Ingeniero y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determina el Pliego de Condiciones Particulares. Si subsistiese la diferencia se acudirá en primer lugar, al concepto más análogo dentro del cuadro de precios del proyecto, y, en segundo lugar, al banco de precios de uso más frecuente en la localidad.

Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

2.2.3.7. Reclamaciones de aumento de precios por causas diversas

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a Facultativas).

2.2.3.8. Formas tradicionales de medir o aplicar los precios

En ningún caso podrá alegar el Contratista los usos y costumbres del país respecto de la aplicación de los precios o de forma de medir las unidades de obra ejecutadas, se estará a lo previsto en primer lugar, al Pliego General de Condiciones Técnicas, y, en segundo lugar, al Pliego General de Condiciones Particulares.

2.2.3.9. De la revisión de los precios contratados

Contratándose las obras a precio cerrado, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento derivado de obras no contempladas en alguno de los documentos del proyecto no alcance en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el Calendario, un montante superior al cinco por ciento (5%) del importe total del presupuesto de Contrato.

En caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 5%. No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el Calendario de la oferta.

En cualquier caso, primarán sobre estas especificaciones, las condiciones de revisión de precios firmadas en el contrato a suscribir entre la propiedad y el contratista.

2.2.3.10. Acopio de materiales

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordena por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

2.2.3.11. Mejoras de obras libremente ejecutadas

Cuando el Contratista, incluso con autorización del Ingeniero-Director, emplease materiales de más esmerada preparación o de mayor tamaño que el señalado en el Proyecto o sustituyese una clase de fábrica con otra que tuviese asignado mayor precio, o ejecutase con mayores dimensiones cualquier parte de la obra, o, en general, introdujese en ésta y sin pedírsela, cualquiera otra modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero-Director, no tendrá derecho, sin embargo, más que al abono de lo que pudiera corresponderle en el caso de que hubiese construido la obra con estricta sujeción a la proyectada y contratada o adjudicada.

2.2.3.12. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada

Salvo lo preceptuado en el "Pliego de Condiciones Particulares de índole económica", vigente en la obra, el abono de los trabajos presupuestados en partidaalzada se efectuará de acuerdo con el procedimiento que corresponda entre los que a continuación se expresan:

- Si existen precios contratados para unidades de obra iguales, las presupuestadas mediante partidaalzada, se abonarán previa medición y aplicación del precio establecido.
- Si existen precios contratados para unidades de obra similares, se establecerán precios contradictorios para las unidades con partidaalzada, deducidos de los similares contratados.
- Si no existen precios contratados para unidades de obra iguales o similares, la partidaalzada se abonará íntegramente al Contratista, salvo el caso de que en el Presupuesto de la obra se exprese que el importe de dicha partida debe justificarse, en cuyo caso, el Ingeniero-Director indicará al Contratista y con anterioridad a su ejecución, el procedimiento que ha de seguirse para llevar dicha cuenta, que en realidad será de Administración, valorándose los materiales y jornales a los precios que figuren en el Presupuesto aprobado o, en su defecto, a los que con anterioridad a la ejecución convengan las dos partes, incrementándose su importe total con el porcentaje que se fije en el Pliego de Condiciones Particulares en concepto de Gastos Generales y Beneficio Industrial del Contratista.

2.2.3.13. Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe, corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por el Ingeniero-Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

2.2.3.14. Abonos de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

- Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo y el Ingeniero-Director exigiera su realización durante el plazo de garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos.
- Si han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados.
- Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista.

2.2.4. Indemnizaciones mutuas

2.2.4.1. Importe de la indemnización por retraso no justificado en el plazo de terminación de las obras

La indemnización por retraso en la terminación se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de terminación fijado en el Calendario de Obra. Las sumas resultantes se descontarán y retendrán con cargo a la fianza.

2.2.4.2. Demoras de los pagos

Se rechazará toda solicitud de resolución del contrato fundada en dicha demora de Pagos, cuando el Contratista no justifique en la fecha el presupuesto correspondiente al plazo de ejecución que tenga señalado en el contrato.

2.2.5. Varios

2.2.5.1. Seguro de las obras

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante todo el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva; la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la Sociedad Aseguradora, en el caso de siniestro, se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que con cargo a ella se abone la obra que se construya y a medida que ésta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por

certificaciones, como el resto de los trabajos de la construcción. En ningún caso, salvo conformidad expresa del Contratista, hecho en documento público, el Propietario podrá disponer de dicho importe para menesteres distintos del de reconstrucción de la parte siniestrada; la infracción de lo anteriormente expuesto será motivo suficiente para que el Contratista pueda resolver el contrato, con devolución de fianza, abono completo de gastos, materiales acopiados, etc.; y una indemnización equivalente al importe de los daños causados al Contratista por el siniestro y que no se hubiesen abonado, pero sólo en proporción equivalente a lo que suponga la indemnización abonada por la Compañía Aseguradora, respecto al importe de los daños causados por el siniestro, que serán tasados a estos efectos por el Ingeniero Director.

En las obras de reforma o reparación, se fijarán previamente la porción de edificio que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se prevé, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte del edificio afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza o pólizas de Seguros, los pondrá el Contratista, antes de contratarlos en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

2.3. Pliego de Condiciones Legales

2.3.1. El Contrato

2.3.1.1. Formalización del contrato

Los Contratos se formalizarán mediante documentos privados, que podrán elevarse a escritura pública a petición de cualquiera de las partes y con arreglo a las disposiciones vigentes. Este documento contendrá una cláusula en las que se expresa terminantemente que el Contratista se obliga al cumplimiento exacto del Contrato, conforme a lo previsto en el Pliego General de Condiciones. El Contratista antes de firmar la escritura habrá firmado también su conformidad al pie del Pliego de Condiciones Particulares que ha de regir la obra, en los planos, cuadros de precios y presupuesto general. Serán de cuenta del Adjudicatario todos los gastos que ocasione la extensión del documento en que se consigne la contrata.

2.3.1.2. Causas de rescisión de contrato

Se considerarán causas suficientes para la rescisión de un contrato las que a continuación se señalan:

- Quiebra del contratista.
- Muerte o incapacidad del contratista.

En los casos anteriores si los herederos del contratista o síndicos ofrecieran llevar a cabo las obras, bajo las mismas condiciones estipuladas en el contrato, el propietario puede

admitir o rechazar el ofrecimiento, sin que en este último caso tengan aquellos derechos a indemnización alguna.

También serán causas justificadas para la rescisión del contrato:

- Las alteraciones del mismo por las causas:
 - Las modificaciones del proyecto en forma tal que represente alteraciones fundamentales del mismo, a juicio del director de obra y, en cualquier caso, siempre que la variación del presupuesto de ejecución, como consecuencia de las citadas modificaciones, represente aproximadamente el 25%, como mínimo del importe de aquel.
 - La modificación de unidades de obra, siempre que estas representen variaciones, más o menos, del 40% como mínimo de algunas de las unidades del proyecto que hayan sido modificadas.
- La suspensión de la obra comenzada y en todo caso, siempre que por causas ajenas a la contrata no se dé comienzo a la obra adjudicada en el plazo de tres meses a partir de la adjudicación. En tal caso la devolución de la fianza será automática.
- La suspensión de la obra comenzada siempre que el plazo de suspensión haya excedido de un año.
- El incumplimiento de las condiciones del contrato, cuando indique descuido y mala fe, con perjuicio de los intereses de la obra.
- La terminación del plazo de la obra sin causa justificada.
- La mala fe en la ejecución de los trabajos.

2.3.2. Responsabilidad del contratista

El contratista es responsable de la ejecución de las obras en las condiciones establecidas en el contrato y en los documentos que componen el presente proyecto. La memoria no tendrá la consideración de documento de proyecto.

Como consecuencia de ello vendrá obligado a la demolición y reconstrucción de todo lo mal ejecutado, sin que pueda servir de excusa, el que el director de obra haya examinado y reconocido la construcción durante la obra, ni el que hayan sido abonadas las liquidaciones parciales.

2.3.2.1. Medidas preparatorias

Antes de comenzar las obras el Contratista tiene la obligación de verificar los documentos y de volver a tomar sobre el terreno todas las medidas y datos que le sean necesarios. Caso de no haber indicado al director de obra en tiempo útil, los errores que pudieran contener dichos documentos, el Contratista acepta todas las responsabilidades.

2.3.2.2. Legislación social

Habrà de tenerse en cuenta por parte del Contratista la Reglamentación de Trabajo, así como las demás disposiciones que regulan las relaciones entre patronos y obreros, contratación del Seguro Obligatorio, Subsidio Familiar y de Vejez, los Accidentes de

Trabajo, Seguridad e Higiene en el Trabajo y demás con carácter social urgentes durante la ejecución de las obras. El Contratista ha de cumplir lo reglamentado sobre seguridad e higiene en el trabajo, así como la legislación actual en el momento de ejecución de las obras en relación sobre protección a la industria nacional y fomento del consumo de artículos nacionales.

2.3.2.3. Medidas de seguridad

En caso de accidentes ocurridos a los operarios con motivo de ejercicios en los trabajos para la ejecución de las obras, el Contratista se atenderá a lo dispuesto a estos respectos vigentes en la legislación, siendo en todo caso único responsable de su incumplimiento y sin que por ningún concepto pueda quedar afectada la Propiedad, por responsabilidad en cualquier aspecto.

De los accidentes y perjuicios de todo género que por cumplir el Contratista lo legislado sobre la materia, pudiera recaer o sobrevenir, será este el único responsable, o sus representantes en la obra, ya se considera que los precios contratados están incluidos todos los gastos precisos para cumplimentar debidamente, dichas disposiciones legales, será preceptivo que el tablón de anuncios de la obra presente artículos del Pliego de Condiciones Generales de índole general, sometido previamente a la firma de la Dirección Facultativa.

El Contratista está obligado a adoptar todas las medidas de seguridad que las disposiciones vigentes perpetúen para evitar en lo posible accidentes a los obreros y a los andantes no sólo en los andamios, sino en todos los lugares peligrosos de la obra. Se exigirán con especial atención la observación de lo regulado por la ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

2.3.2.4. Permisos y licencias

El adjudicatario estará obligado a tener todos los permisos y licencias, para la ejecución de las obras y posterior puesta en servicio y deberá abonar todas las cargas, tasas e impuestos derivados de la obtención de dichos permisos.

2.3.2.5. Seguro de obra

Deberá contarse con Seguros de Responsabilidad Civil y de otros Riesgos que cubran tanto los daños causados a terceras personas por accidentes imputables a las mismas o a las personas de las que deben responder, como los daños propios de su actividad como Constructoras.

El Contratista estará obligado a asegurar la obra contratada durante el tiempo que dure su ejecución hasta la recepción definitiva, la cuantía del seguro coincidirá en cada momento con el valor que tengan por contrata los objetos asegurados. El importe abonado por la sociedad aseguradora se ingresará en cuenta a nombre del Propietario, para que, con cargo a él, se abone la obra que se construye y a medida que esta se vaya realizando. El reintegro de dicha cantidad al Contratista se efectuará por certificaciones como el resto de los trabajos.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

En las obras de reparación o reforma, se fijará la porción de la obra que debe ser asegurada y su cuantía, y si nada se previene, se entenderá que el seguro ha de comprender toda la parte de la obra afectada por la obra.

Los riesgos asegurados y las condiciones que figuren en la póliza de seguros, las pondrá el Contratista antes de contratadas, en conocimiento del Propietario, al objeto de recabar de éste su previa conformidad o reparos.

2.3.2.6. Subcontratas

El Contratista puede subcontratar una parte o la totalidad de la obra a otra u otras empresas, administradores, constructores, instaladores, etc. no eximiéndose por ello de su responsabilidad con la Propiedad.

El Contratista será el único responsable de la totalidad de la obra tanto desde el punto de vista legal como económico, reconociéndose como el único interlocutor válido para la Dirección Técnica.

3. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS

Para la redacción de este pliego y, por consiguiente, la ejecución e implementación del proyecto, se han seguido las pautas e indicaciones fijadas en el Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones Conectadas a la Red emitidas por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

3.1. Diseño

3.1.1. Generalidades

- El módulo fotovoltaico seleccionado cumplirá las especificaciones del apartado 3.2.2.
- Todos los módulos que integren la instalación serán del mismo modelo, o en el caso de modelos distintos, el diseño debe garantizar totalmente la compatibilidad entre ellos y la ausencia de efectos negativos en la instalación por dicha causa.
- En aquellos casos excepcionales en que se utilicen módulos no cualificados, deberá justificarse debidamente y aportar documentación sobre las pruebas y ensayos a los que han sido sometidos. En cualquier caso, han de cumplirse las normas vigentes de obligado cumplimiento.

3.1.2. Orientación e inclinación y sombras

- La orientación e inclinación del generador fotovoltaico y las posibles sombras sobre el mismo serán tales que las pérdidas sean inferiores a los límites de la tabla 1. Se considerarán tres casos: general, superposición de módulos e integración arquitectónica, según se define en el apartado 3.1.4. En todos los casos han de cumplirse tres condiciones: pérdidas por orientación e inclinación, pérdidas por sombreado y pérdidas totales inferiores a los límites estipulados respecto a los valores óptimos.

	Orientación e inclinación (OI)	Sombras (S)	Total (OI+S)
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

- Cuando, por razones justificadas, y en casos especiales en los que no se puedan instalar de acuerdo con el apartado anterior, se evaluará la reducción en las prestaciones energéticas de la instalación, incluyéndose en la Memoria del Proyecto.
- En todos los casos deberán evaluarse las pérdidas por orientación e inclinación del generador y sombras. En los anexos II y III se proponen métodos para el cálculo de estas pérdidas, que podrán ser utilizados para su verificación.
- Cuando existan varias filas de módulos, el cálculo de la distancia mínima entre ellas se realizará de acuerdo al anexo III.

3.1.3. Diseño del sistema de monitorización

- El sistema de monitorización proporcionará medidas, como mínimo, de las siguientes variables:
 - Voltaje y corriente CC a la entrada del inversor.
 - Voltaje de fase/s en la red, potencia total de salida del inversor.
 - Radiación solar en el plano de los módulos, medida con un módulo o una célula de tecnología equivalente.
 - Temperatura ambiente en la sombra.
 - Potencia reactiva de salida del inversor para instalaciones mayores de 5 kWp.

- Temperatura de los módulos en integración arquitectónica y, siempre que sea posible, en potencias mayores de 5 kW.
- Los datos se presentarán en forma de medias horarias. Los tiempos de adquisición, la precisión de las medidas y el formato de presentación se hará conforme al documento del JRC-Ispira “Guidelines for the Assessment of Photovoltaic Plants - Document A”, Report EUR16338 EN.
- El sistema de monitorización será fácilmente accesible para el usuario.

3.1.4. Integración arquitectónica

- En el caso de pretender realizar una instalación integrada desde el punto de vista arquitectónico según lo estipulado en el punto 3.4, la Memoria de Diseño o Proyecto especificarán las condiciones de la construcción y de la instalación, y la descripción y justificación de las soluciones elegidas.
- Las condiciones de la construcción se refieren al estudio de características urbanísticas, implicaciones en el diseño, actuaciones sobre la construcción, necesidad de realizar obras de reforma o ampliación, verificaciones estructurales, etc. que, desde el punto de vista del profesional competente en la edificación, requerirían su intervención.
- Las condiciones de la instalación se refieren al impacto visual, la modificación de las condiciones de funcionamiento del edificio, la necesidad de habilitar nuevos espacios o ampliar el volumen construido, efectos sobre la estructura, etc.

3.2. Componentes y materiales

3.2.1. Generalidades

- Como principio general se ha de asegurar, como mínimo, un grado de aislamiento eléctrico de tipo básico clase I en lo que afecta tanto a equipos (módulos e inversores), como a materiales (conductores, cajas y armarios de conexión), exceptuando el cableado de continua, que será de doble aislamiento de clase 2 y un grado de protección mínimo de IP65.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

- La instalación incorporará todos los elementos y características necesarios para garantizar en todo momento la calidad del suministro eléctrico.
- El funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas no deberá provocar en la red averías, disminuciones de las condiciones de seguridad ni alteraciones superiores a las admitidas por la normativa que resulte aplicable.
- Asimismo, el funcionamiento de estas instalaciones no podrá dar origen a condiciones peligrosas de trabajo para el personal de mantenimiento y explotación de la red de distribución.
- Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad.
- Se incluirán todos los elementos necesarios de seguridad y protecciones propias de las personas y de la instalación fotovoltaica, asegurando la protección frente a contactos directos e indirectos, cortocircuitos, sobrecargas, así como otros elementos y protecciones que resulten de la aplicación de la legislación vigente.
- En la Memoria de Diseño o Proyecto se incluirán las fotocopias de las especificaciones técnicas proporcionadas por el fabricante de todos los componentes.
- Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en castellano y además, si procede, en alguna de las lenguas españolas oficiales del lugar de la instalación.

3.2.2. Sistemas generadores fotovoltaicos

- Los módulos fotovoltaicos deberán incorporar el marcado CE, según la Directiva 006/95/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados miembros sobre el material eléctrico destinado a utilizarse con determinados límites de tensión. Además, deberán cumplir la norma UNE-EN 61730, armonizada para la Directiva 2006/95/CE, sobre cualificación de la seguridad de módulos fotovoltaicos, y la norma UNE-EN 50380, sobre informaciones de las hojas de datos y de las placas de características para los módulos fotovoltaicos. Adicionalmente, en función de la tecnología del módulo, éste deberá satisfacer las siguientes normas:
 - UNE-EN 61215: Módulos fotovoltaicos (FV) de silicio cristalino para uso terrestre. Cualificación del diseño y homologación.

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

- UNE-EN 61646: Módulos fotovoltaicos (FV) de lámina delgada para aplicaciones terrestres. Cualificación del diseño y aprobación de tipo.
- UNE-EN 62108: Módulos y sistemas fotovoltaicos de concentración (CPV). Calificación del diseño y homologación.

Los módulos que se encuentren integrados en la edificación, aparte de que deben cumplir la normativa indicada anteriormente, además deberán cumplir con lo previsto en la Directiva 89/106/CEE del Consejo de 21 de diciembre de 1988 relativa a la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas de los Estados miembros sobre los productos de construcción. Aquellos módulos que no puedan ser ensayados según estas normas citadas, deberán acreditar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos en las mismas por otros medios, y con carácter previo a su inscripción definitiva en el registro de régimen especial dependiente del órgano competente. Será necesario justificar la imposibilidad de ser ensayados, así como la acreditación del cumplimiento de dichos requisitos, lo que deberá ser comunicado por escrito a la Dirección General de Política Energética y Minas, quien resolverá sobre la conformidad o no de la justificación y acreditación presentadas.

- El módulo fotovoltaico llevará de forma claramente visible e indeleble el modelo y nombre o logotipo del fabricante, así como una identificación individual o número de serie trazable a la fecha de fabricación.
- Se utilizarán módulos que se ajusten a las características técnicas descritas a continuación:
 - Los módulos deberán llevar los diodos de derivación para evitar las posibles averías de las células y sus circuitos por sombreados parciales y tendrán un grado de protección IP65.
 - Los marcos laterales, si existen, serán de aluminio o acero inoxidable.
 - Para que un módulo resulte aceptable, su potencia máxima y corriente de cortocircuito reales referidas a condiciones estándar deberán estar comprendidas en el margen del $\pm 3 \%$ de los correspondientes valores nominales de catálogo.
 - Será rechazado cualquier módulo que presente defectos de fabricación como roturas o manchas en cualquiera de sus elementos, así como falta de alineación en las células o burbujas en el encapsulante.
 - Será deseable una alta eficiencia de las células.
 - La estructura del generador se conectará a tierra.
 - Por motivos de seguridad y para facilitar el mantenimiento y reparación del generador, se instalarán los elementos necesarios (fusibles, interruptores, etc.) para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del resto del generador.

- Los módulos fotovoltaicos estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 10 años y contarán con una garantía de rendimiento durante 25 años.

3.2.3. Estructura de soporte

- Las estructuras soporte deberán cumplir las especificaciones de este apartado. En todos los casos se dará cumplimiento a lo obligado en el Código Técnico de la Edificación respecto a seguridad.
- La estructura soporte de módulos ha de resistir, con los módulos instalados, las sobrecargas del viento y nieve, de acuerdo con lo indicado en el Código Técnico de la edificación y demás normativa de aplicación.
- El diseño y la construcción de la estructura y el sistema de fijación de módulos, permitirá las necesarias dilataciones térmicas, sin transmitir cargas que puedan afectar a la integridad de los módulos, siguiendo las indicaciones del fabricante.
- Los puntos de sujeción para el módulo fotovoltaico serán suficientes en número, teniendo en cuenta el área de apoyo y posición relativa, de forma que no se produzcan flexiones en los módulos superiores a las permitidas por el fabricante y los métodos homologados para el modelo de módulo.
- El diseño de la estructura se realizará para la orientación y el ángulo de inclinación especificada para el generador fotovoltaico, teniendo en cuenta la facilidad de montaje y desmontaje, y la posible necesidad de sustituciones de elementos.
- La estructura se protegerá superficialmente contra la acción de los agentes ambientales. La realización de taladros en la estructura se llevará a cabo antes de proceder, en su caso, al galvanizado o protección de la estructura.
- La tornillería será realizada en acero inoxidable. En el caso de que la estructura sea galvanizada se admitirán tornillos galvanizados, exceptuando la sujeción de los módulos a la misma, que serán de acero inoxidable.
- Los topes de sujeción de módulos y la propia estructura no arrojarán sombra sobre los módulos.

- En el caso de instalaciones integradas en cubierta que hagan las veces de la cubierta del edificio, el diseño de la estructura y la estanquidad entre módulos se ajustará a las exigencias vigentes en materia de edificación.

3.2.4. Inversores

- Serán del tipo adecuado para la conexión a la red eléctrica, con una potencia de entrada variable para que sean capaces de extraer en todo momento la máxima potencia que el generador fotovoltaico puede proporcionar a lo largo de cada día.
- Las características básicas de los inversores serán las siguientes:
 - Principio de funcionamiento: fuente de corriente.
 - Autoconmutados.
 - Seguimiento automático del punto de máxima potencia del generador.
 - No funcionarán en isla o modo aislado.
- La caracterización de los inversores deberá hacerse según las normas siguientes:
 - UNE-EN 62093: Componentes de acumulación, conversión y gestión de energía de sistemas fotovoltaicos. Cualificación del diseño y ensayos ambientales.
 - UNE-EN 61683: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
- Los inversores cumplirán con las directivas comunitarias de Seguridad Eléctrica y Compatibilidad Electromagnética (ambas serán certificadas por el fabricante), incorporando protecciones frente a:
 - Cortocircuitos en alterna.
 - Tensión de red fuera de rango.
 - Frecuencia de red fuera de rango.
 - Sobretensiones, mediante varistores o similares.
 - Perturbaciones presentes en la red como microcortes, pulsos, defectos de ciclos, ausencia y retorno de la red, etc.
- Cada inversor dispondrá de las señalizaciones necesarias para su correcta operación, e incorporará los controles automáticos imprescindibles que aseguren su adecuada supervisión y manejo.
- Cada inversor incorporará, al menos, los controles manuales siguientes:

- Encendido y apagado general del inversor.
- Conexión y desconexión del inversor a la interfaz CA.
- Las características eléctricas de los inversores serán las siguientes:
 - El inversor seguirá entregando potencia a la red de forma continuada en condiciones de irradiancia solar un 10% superiores a las CEM. Además, soportará picos de un 30% superior a las CEM durante períodos de hasta 10 segundos.
 - El rendimiento de potencia del inversor (cociente entre la potencia activa de salida y la potencia activa de entrada), para una potencia de salida en corriente alterna igual al 50 % y al 100% de la potencia nominal, será como mínimo del 92% y del 94% respectivamente. El cálculo del rendimiento se realizará de acuerdo con la norma UNE-EN 6168: Sistemas fotovoltaicos. Acondicionadores de potencia. Procedimiento para la medida del rendimiento.
 - El autoconsumo de los equipos (pérdidas en “vacío”) en “stand-by” o modo nocturno deberá ser inferior al 2 % de su potencia nominal de salida.
 - El factor de potencia de la potencia generada deberá ser superior a 0,95, entre el 25 % y el 100 % de la potencia nominal.
 - A partir de potencias mayores del 10 % de su potencia nominal, el inversor deberá inyectar en red.
 - Los inversores tendrán un grado de protección mínima IP 20 para inversores en el interior de edificios y lugares inaccesibles, IP 30 para inversores en el interior de edificios y lugares accesibles, y de IP 65 para inversores instalados a la intemperie. En cualquier caso, se cumplirá la legislación vigente.
 - Los inversores estarán garantizados para operación en las siguientes condiciones ambientales: entre 0 °C y 40 °C de temperatura y entre 0 % y 85 % de humedad relativa.
 - Los inversores para instalaciones fotovoltaicas estarán garantizados por el fabricante durante un período mínimo de 3 años.

3.2.5. Cableado

- Los positivos y negativos de cada grupo de módulos se conducirán separados y protegidos de acuerdo con la normativa vigente.
- Los conductores serán de cobre y tendrán la sección adecuada para evitar caídas de tensión y calentamientos. Concretamente, para cualquier condición

de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior del 1,5 %.

- El cable deberá tener la longitud necesaria para no generar esfuerzos en los diversos elementos ni posibilidad de enganche por el tránsito normal de personas.
- Todo el cableado de continua será de doble aislamiento y adecuado para su uso en intemperie, al aire o enterrado, de acuerdo con la norma UNE 21123.

3.2.6. Conexión a red

- Todas las instalaciones de hasta 100 kW cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículos 8 y 9) sobre conexión de instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

3.2.7. Medidas

- Todas las instalaciones cumplirán con el Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.

3.2.8. Protecciones

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 11) sobre protecciones en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- En conexiones a la red trifásicas las protecciones para la interconexión de máxima y mínima frecuencia (51 Hz y 49 Hz respectivamente) y de máxima y mínima tensión (1,1 Um y 0,85 Um respectivamente) serán para cada fase.

3.2.9. Puesta a tierra de las instalaciones fotovoltaicas

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 12) sobre las condiciones de puesta a tierra en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

- Cuando el aislamiento galvánico entre la red de distribución de baja tensión y el generador fotovoltaico no se realice mediante un transformador de aislamiento, se explicarán en la Memoria de Diseño o Proyecto los elementos utilizados para garantizar esta condición.
- Todas las masas de la instalación fotovoltaica, tanto de la sección continua como de la alterna, estarán conectadas a una única tierra. Esta tierra será independiente de la del neutro de la empresa distribuidora, de acuerdo con el Reglamento de Baja Tensión.

3.2.10. Armónicos y compatibilidad electromagnética

- Todas las instalaciones cumplirán con lo dispuesto en el Real Decreto 1663/2000 (artículo 13) sobre armónicos y compatibilidad electromagnética en instalaciones fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.

3.2.11. Medidas de seguridad

- Las centrales fotovoltaicas, independientemente de la tensión a la que estén conectadas a la red, estarán equipadas con un sistema de protecciones que garantice su desconexión en caso de un fallo en la red o fallos internos en la instalación de la propia central, de manera que no perturben el correcto funcionamiento de las redes a las que estén conectadas, tanto en la explotación normal como durante el incidente.
- La central fotovoltaica debe evitar el funcionamiento no intencionado en isla con parte de la red de distribución, en el caso de desconexión de la red general. La protección anti-isla deberá detectar la desconexión de red en un tiempo acorde con los criterios de protección de la red de distribución a la que se conecta, o en el tiempo máximo fijado por la normativa o especificaciones técnicas correspondientes. El sistema utilizado debe funcionar correctamente en paralelo con otras centrales eléctricas con la misma o distinta tecnología, y alimentando las cargas habituales en la red, tales como motores.
- Todas las centrales fotovoltaicas con una potencia mayor de 1 MW estarán dotadas de un sistema de teledesconexión y un sistema de telemedida. La función del sistema de teledesconexión es actuar sobre el elemento de conexión de la central eléctrica con la red de distribución para permitir la desconexión remota de la planta en los casos en que los requisitos de seguridad

DOCUMENTO N°3: PLIEGO DE CONDICIONES

así lo recomienden. Los sistemas de teledesconexión y telemedida serán compatibles con la red de distribución a la que se conecta la central fotovoltaica, pudiendo utilizarse en baja tensión los sistemas de telegestión incluidos en los equipos de medida previstos por la legislación vigente.

- Las centrales fotovoltaicas deberán estar dotadas de los medios necesarios para admitir un reenganche de la red de distribución sin que se produzcan daños. Asimismo, no producirán sobretensiones que puedan causar daños en otros equipos, incluso en el transitorio de paso a isla, con cargas bajas o sin carga. Igualmente, los equipos instalados deberán cumplir los límites de emisión de perturbaciones indicados en las normas nacionales e internacionales de compatibilidad electromagnética.

DOCUMENTO N°4: PRESUPUESTO

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA	Pág.: 5
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2	Ref.: PRESUPUESTOT...
	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
--------------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

1	CAP01		MÓDULOS FOTOVOLTAICOS			
1.1	PFL54HTB	Ud	LONGI HI-MO X6 EXPLORER LR5-54HTB			
			Panel fotovoltaico Longi HI-MO X6 Explorer LR5-54HTB de 415 W de potencia nominal con tipo de célula monocristalina y dimensiones 1722X1134X30 mm con peso 20,8 Kg. Vidrio templado con marco de aleación de aluminio anodizado y caja de conexión IP68.			
	3,000	%	Costes indirectos		114,000	3,42
			Clase: Sin descomposición			114,000
			Clase: 3 % Costes indirectos			3,420
			Coste total redondeado			117,42
			CIENTO DIECISIETE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS			

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA		Pág.: 6
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2		Ref.: PRESUPUESTOT...
	ESTRUCTURA SOPORTE		01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
--------------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

2 CAP02 ESTRUCTURA SOPORTE

2.1 ES008V Ud **SOPORTE SUNFER 08V 40°**

Estructura de soporte vertical con ángulo de inclinación de 40° para instalación en cubierta metálica. Perfilería de aluminio EN AW 6005A T6 y tornillería de acero inoxidable A2-70. Kit para instalación de dos módulos.

3,000 % Costes indirectos 140,000 4,20

Clase: Sin descomposición 140,000
Clase: 3 % Costes indirectos 4,200

Coste total redondeado 144,20

CIENTO CUARENTA Y CUATRO EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA	Pág.: 7
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2	Ref.: PRESUPUESTOT...
	INVERSOR	01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
--------------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

3	CAP03		INVERSOR			
3.1	ISFS10K3M	Ud	INVERSOR TRIFÁSICO FRONIUS SYMO 10.0-3M Inversor trifásico sin transformador con potencia nominal de salida de 10 kW. Conexión a Internet a través de WLAN o Ethernet y facilidad de integración de componentes de otros fabricantes. Disponibilidad de 2 MPPT's (seguimiento de punto de mayor potencia). Grado de protección IP65. Peso de 34,8 Kg y frecuencia de salida 50/60 Hz.			
	3,000	%	Costes indirectos		2.174,760	65,24
				Clase: Sin descomposición		2.174,760
				Clase: 3 % Costes indirectos		65,240
				Coste total redondeado		2.240,00

DOS MIL DOSCIENTOS CUARENTA EUROS

PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA		Pág.: 8
CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2		Ref.: PRESUPUESTOT...
MATERIAL ELÉCTRICO		01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
4	CAP04		MATERIAL ELÉCTRICO			
4.1	VE412E	Ud	CUADRO DE MEDIDA Cuadro de medida Hager 48 módulos con protección IP65. Modelo Vector VE412E. Puerta transparente.			
	3,000	%	Costes indirectos		260,760	7,82
				Clase: Sin descomposición		260,760
				Clase: 3 % Costes indirectos		7,820
			Coste total redondeado			268,58
			DOSCIENTOS SESENTA Y OCHO EUROS CON CINCUENTA Y OCHO CÉNTIMOS			
4.2	FSMM63A3	Ud	CONTADOR BIDIRECCIONAL Contador bidireccional trifásico. Modelo Fronius Smart Meter 63A-3 para monitorización completa de la instalación. Gestión sistematizada de distintos flujos de energía. Medición de alta precisión a través del interface Modbus RTU. Tensión nominal de 400 V. Máxima corriente 3x63 A.			
	3,000	%	Costes indirectos		230,000	6,90
				Clase: Sin descomposición		230,000
				Clase: 3 % Costes indirectos		6,900
			Coste total redondeado			236,90
			DOSCIENTOS TREINTA Y SEIS EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS			
4.3	815IP65	Ud	CAJA DE CONEXIONES Caja de conexión estanca sin conos. Color gris. Protección IP65. Cierre con tornillos 1/4 de vuelta.			
	3,000	%	Costes indirectos		5,130	0,15
				Clase: Sin descomposición		5,130
				Clase: 3 % Costes indirectos		0,150
			Coste total redondeado			5,28
			CINCO EUROS CON VEINTIOCHO CÉNTIMOS			
4.4	NSYPLM30...	Ud	ARMARIO INVERSOR Armario mural aislante de poliéster Schneider Electric. Reforzado con fibra de vidrio para carrocería y vidrio templado para la puerta. Protección IP66.			
	3,000	%	Costes indirectos		329,460	9,88
				Clase: Sin descomposición		329,460
				Clase: 3 % Costes indirectos		9,880
			Coste total redondeado			339,34
			TRESCIENTOS TREINTA Y NUEVE EUROS CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS			
4.5	A9F79220	Ud	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO CC Interruptor automático magnetotérmico de 20 A. Curva C Modelo Schneider.			
	3,000	%	Costes indirectos		112,050	3,36
				Clase: Sin descomposición		112,050
				Clase: 3 % Costes indirectos		3,360
			Coste total redondeado			115,41
			CIENTO QUINCE EUROS CON CUARENTA Y UN CÉNTIMOS			

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA		Pág.: 9
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2		Ref.: PRESUPUESTOT...
	MATERIAL ELÉCTRICO		01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
4.6	A9F79320	Ud	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO CA Interruptor automático magnetotérmico de 20 A. Curva C Modelo Schneider.			
	3,000	%	Costes indirectos		168,790	5,06
			Clase: Sin descomposición			168,790
			Clase: 3 % Costes indirectos			5,060
			Coste total redondeado			173,85
			CIENTO SETENTA Y TRES EUROS CON OCHENTA Y CINCO CÉNTIMOS			
4.7	A9Z21425	Ud	INTERRUPTOR DIFERENCIAL Interruptor diferencial de 25 A y 30 mA Tipo A. Modelo Schneider Electric.			
	3,000	%	Costes indirectos		38,520	1,16
			Clase: Sin descomposición			38,520
			Clase: 3 % Costes indirectos			1,160
			Coste total redondeado			39,68
			TREINTA Y NUEVE EUROS CON SESENTA Y OCHO CÉNTIMOS			
4.8	KLK2014	Ud	TOMA DE TIERRA Pica para toma de tierra de 2,5 m de longitud y 14,2 mm de diámetro recubierta de cobre.			
	3,000	%	Costes indirectos		11,800	0,35
			Clase: Sin descomposición			11,800
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,350
			Coste total redondeado			12,15
			DOCE EUROS CON QUINCE CÉNTIMOS			
4.9	CSH1Z2Z2K	m	CABLE SOLAR 4MM2 Cable solar de 4mm2 tipo H1Z2Z2-K apto para instalación fotovoltaica para la conexión entre paneles fotovoltaicos. Certificado EN 50618. Tensión nominal 1500 V CC y aislamiento libre de halógenos. Resistente a rayos UV.			
	3,000	%	Costes indirectos		1,300	0,04
			Clase: Sin descomposición			1,300
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,040
			Coste total redondeado			1,34
			UN EURO CON TREINTA Y CUATRO CÉNTIMOS			
4.10	RVK3G4	m	CABLE MULTICONDUCTOR 4 MM2 Cable eléctrico de corriente trifásica de 4mm2 de sección. Tipo RV-K 06/1kV de gran flexibilidad y libre de halógenos con aislamiento XLPE3.			
	3,000	%	Costes indirectos		2,950	0,09
			Clase: Sin descomposición			2,950
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,090
			Coste total redondeado			3,04
			TRES EUROS CON CUATRO CÉNTIMOS			

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA		Pág.: 10
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2		Ref.: PRESUPUESTOT...
	MATERIAL ELÉCTRICO		01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
4.11	RVK3G6	m	CABLE MULTICONDUCTOR 10 MM2 Cable eléctrico de corriente trifásica de 10 mm2 de sección. Tipo RV-K 06/1kV de gran flexibilidad y libre de halógenos con aislamiento XLPE3.			
	3,000	%	Costes indirectos		10,913	0,33
			Clase: Sin descomposición			10,910
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,330
			Coste total redondeado			11,24
			ONCE EUROS CON VEINTICUATRO CÉNTIMOS			
4.12	RZ1K6	m	CABLE TIERRA 10 MM2 Cable de tierra flexible de 10 mm2 1000 V modelo RZ1-K 0,6/1 KV libre de halógenos con cubierta exterior de poliolefina termoplástica de color verde. Conductor cobre clase 5 y aislamiento XLPE.			
	3,000	%	Costes indirectos		1,903	0,06
			Clase: Sin descomposición			1,900
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,060
			Coste total redondeado			1,96
			UN EURO CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS			
4.13	SKU492255	Ud	FUSIBLES DE PROTECCIÓN CC Fusible de 20A 1500 V para protección compacta de módulos fotovoltaicos. Clase gPV. Construidos con tubo cerámico de alta resistencia a la presión interna y los choques térmicos. Contactos en cobre plateado y elementos de fusión de plata.			
	3,000	%	Costes indirectos		8,700	0,26
			Clase: Sin descomposición			8,700
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,260
			Coste total redondeado			8,96
			OCHO EUROS CON NOVENTA Y SEIS CÉNTIMOS			
4.14	14045290PVC	m	CANALIZACIÓN CC 16 MM Canalización de tubo de PVC de color blanco de 16 mm de diámetro indicado para uso interior y exterior.			
	3,000	%	Costes indirectos		1,340	0,04
			Clase: Sin descomposición			1,340
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,040
			Coste total redondeado			1,38
			UN EURO CON TREINTA Y OCHO CÉNTIMOS			
4.15	14003913PVC	m	CANALIZACIÓN CA 20 MM Canalización de tubo de PVC de color blanco de 20 mm de diámetro indicado para uso interior y exterior.			
	3,000	%	Costes indirectos		1,960	0,06
			Clase: Sin descomposición			1,960
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,060
			Coste total redondeado			2,02
			DOS EUROS CON DOS CÉNTIMOS			

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA		Pág.: 11
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2		Ref.: PRESUPUESTOT...
	MATERIAL ELÉCTRICO		01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
--------------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

4.16	14003934PVC m		CANALIZACIÓN CA 32 MM Canalización de tubo de PVC de color blanco de 32 mm de diámetro indicado para uso interior y exterior.			
	3,000	%	Costes indirectos		2,810	0,08
			Clase: Sin descomposición			2,810
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,080
			Coste total redondeado			2,89

DOS EUROS CON OCHENTA Y NUEVE CÉNTIMOS

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA		Pág.: 12
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2		Ref.: PRESUPUESTOT...
	TRABAJOS DE INSTALACIÓN		01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
--------------	--------	----	-------------	-------------	--------	---------

5	CAP05		TRABAJOS DE INSTALACIÓN			
5.1	IF01	h	MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA			
			Instalación del sistema fotovoltaico, incluyendo instalación eléctrica de los módulos, caja de conexiones, armarios eléctricos y demás equipos. Incluida mano de obra de dos operarios trabajando 8 h/día durante 10 días hábiles.			
	3,000	%	Costes indirectos		14,000	0,42
			Clase: Sin descomposición			14,000
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,420
			Coste total redondeado			14,42

CATORCE EUROS CON CUARENTA Y DOS CÉNTIMOS

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA	Pág.: 13
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2	Ref.: PRESUPUESTOT...
	OBRA CIVIL	01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
6	CAP06		OBRA CIVIL			
6.1	001ALQELV	Ud	ALQUILER MAQUINARIA ELEVACIÓN Alquiler diario de plataforma elevadora con brazo articulado motor diesel para elevación de módulos fotovoltaicos y estructuras de soporte.			
	3,000	%	Costes indirectos		70,000	2,10
			Clase: Sin descomposición			70,000
			Clase: 3 % Costes indirectos			2,100
			Coste total redondeado			72,10
			SETENTA Y DOS EUROS CON DIEZ CÉNTIMOS			
6.2	001ISOP	h	COLOCACIÓN ESTRUCTURAS SOPORTE Colocación de las estructuras de soporte para los módulos fotovoltaicos por dos operarios durante dos días, 8 horas al día			
	3,000	%	Costes indirectos		12,500	0,38
			Clase: Sin descomposición			12,500
			Clase: 3 % Costes indirectos			0,380
			Coste total redondeado			12,88
			DOCE EUROS CON OCHENTA Y OCHO CÉNTIMOS			
6.3	001ITT	Ud	INSTALACIÓN TOMA DE TIERRA Instalación de toma de tierra al completo. Incluye mano de obra.			
	3,000	%	Costes indirectos		260,000	7,80
			Clase: Sin descomposición			260,000
			Clase: 3 % Costes indirectos			7,800
			Coste total redondeado			267,80
			DOSCIENTOS SESENTA Y SIETE EUROS CON OCHENTA CÉNTIMOS			

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA	Pág.: 14
	CUADRO DE PRECIOS DESCOMPUESTOS Y CUADRO DE PRECIOS Nº 1 Y Nº 2	Ref.: PRESUPUESTOT...
	REDACCIÓN DEL PROYECTO Y GESTIÓN DE OBRA	01/25

Nº Actividad	Código	Ud	Descripción	Rendimiento	Precio	Importe
7	CAP07		REDACCIÓN DEL PROYECTO Y GESTIÓN DE OBRA			
7.1	001RPF	Ud	REDACCIÓN DEL PROYECTO			
			Realización del proyecto ejecutivo de la instalación del sistema fotovoltaico.			
	3,000	%	Costes indirectos		430,000	12,90
			Clase: Sin descomposición			430,000
			Clase: 3 % Costes indirectos			12,900
			Coste total redondeado			442,90
			CUATROCIENTOS CUARENTA Y DOS EUROS CON NOVENTA CÉNTIMOS			
7.2	001GT	Ud	GESTIÓN Y TRAMITES LEGALES			
			Tramitación de licencias y gestión de permisos para puesta en marcha de la instalación.			
	3,000	%	Costes indirectos		240,000	7,20
			Clase: Sin descomposición			240,000
			Clase: 3 % Costes indirectos			7,200
			Coste total redondeado			247,20
			DOSCIENTOS CUARENTA Y SIETE EUROS CON VEINTE CÉNTIMOS			
7.3	001DOBR	Ud	DIRECCIÓN DE OBRA			
			Dirección de obra			
	3,000	%	Costes indirectos		500,000	15,00
			Clase: Sin descomposición			500,000
			Clase: 3 % Costes indirectos			15,000
			Coste total redondeado			515,00
			QUINIENTOS QUINCE EUROS			

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA	Pág.: 19
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: PRESUPUESTOTFG
	MATERIAL ELÉCTRICO	01/25

Nº Orden	Descripción de las unidades de obra	Uds.	Latitud	Longitud	Altura	Subtotal	Medición	Precio	Importe
	Total partida 4.13						4,000	8,96	35,84
4.14	M CANALIZACIÓN CC 16 mm #####... Canalización de tubo de PVC de color blanco de 16 mm de diámetro indicado para uso interior y exterior.								
	Total partida 4.14						180,000	1,38	248,40
4.15	M CANALIZACIÓN CA 20 mm #####... Canalización de tubo de PVC de color blanco de 20 mm de diámetro indicado para uso interior y exterior.								
	Total partida 4.15						8,000	2,02	16,16
4.16	M CANALIZACIÓN CA 32 mm #####... Canalización de tubo de PVC de color blanco de 32 mm de diámetro indicado para uso interior y exterior.								
	Total partida 4.16						8,000	2,89	23,12
	Total CAP04 MATERIAL ELÉCTRICO								2.605,11

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA	Pág.: 23
	MEDICIONES Y PRESUPUESTOS	Ref.: PRESUPUESTOTFG
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	01/25

Presupuesto de ejecución material

1 MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	5.636,16
2 ESTRUCTURA SOPORTE	3.460,80
3 INVERSOR	4.480,00
4 MATERIAL ELÉCTRICO	2.605,11
5 TRABAJOS DE INSTALACIÓN	2.307,20
6 OBRA CIVIL	752,06
7 REDACCIÓN DEL PROYECTO Y GESTIÓN DE OBRA	1.205,10
Total	20.446,43

Asciende el presupuesto de ejecución material a la expresada cantidad de VEINTE MIL CUATROCIENTOS CUARENTA Y SEIS EUROS CON CUARENTA Y TRES CÉNTIMOS.

	PRESUPUESTO PROYECTO TRUJAL DE MAGINA	Pág.: 24
	RESUMEN DE PRESUPUESTO	Ref.: PRESUPUESTOTFG
	RESUMEN DE CAPÍTULOS	01/25

Nº Orden	Código	Descripción de los capítulos	Importe	%
1	CAP01	MÓDULOS FOTOVOLTAICOS	5.636,16	27,57
2	CAP02	ESTRUCTURA SOPORTE	3.460,80	16,93
3	CAP03	INVERSOR	4.480,00	21,91
4	CAP04	MATERIAL ELÉCTRICO	2.605,11	12,74
5	CAP05	TRABAJOS DE INSTALACIÓN	2.307,20	11,28
6	CAP06	OBRA CIVIL	752,06	3,68
7	CAP07	REDACCIÓN DEL PROYECTO Y GESTIÓN DE OBRA	1.205,10	5,89

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL	20.446,43
9% Gastos Generales.....	1.840,18
6% Beneficio Industrial.....	1.226,79
PRESUPUESTO	23.513,40
21% IVA.....	4.937,81
PRESUPUESTO + IVA	28.451,21

Suma el presente presupuesto más IVA la cantidad de:
VEINTIOCHO MIL CUATROCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS