



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

Diseño de instalación de regadío para olivar

Autor: Carmen Esther de Nogales Requena

Director: Dr. Antonio García de Garmendia

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

DISEÑO DE INSTALACIÓN DE REGADÍO PARA OLIVAR

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2022/23 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.

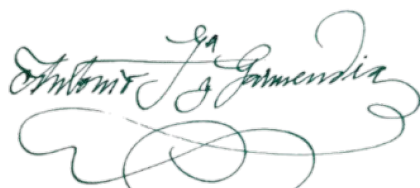


Fdo.: Carmen Esther de Nogales Requena

Fecha: 23/06/2023

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Dr. Antonio García de Garmendia

Fecha: 23/ 06/2023



Agradecimientos:

Quiero agradecer la ayuda recibida de mi hermano José María que, hace dos años, se aventuró a poner en riego una explotación de olivos en ocho hectáreas. Los pasos que tuvo que dar me han ayudado a poder organizar el trabajo, así como ir a las fuentes donde obtener datos.

También agradezco la ayuda de mi padre, vinculado al campo desde hace años, que me ha asesorado en el tipo de plantación, la variedad de olivo y en el dimensionamiento de la balsa, siempre desde su experiencia y visión de futuro.

Inestimable la ayuda de Cristóbal Cansado y su equipo, dedicados a la venta de materiales de riego y a la instalación de estos. Me han facilitado información sobre todo lo que iba a necesitar en el montaje del riego y de las placas solares, siempre buscando lo más innovador que hay en el mercado.

Por último, quiero agradecer la ayuda de mi madre que me ha ayudado a corregir el Proyecto aportándome siempre su punto de vista y ánimo.



DISEÑO DE INSTALACIÓN DE REGADÍO PARA OLIVAR

Autor: De Nogales Requena, Carmen Esther.

Director: Dr. García de Garmendia, Antonio.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El Proyecto que se presenta tiene como objetivo la instalación del sistema de riego para una plantación superintensiva de olivos, así como para el abastecimiento eléctrico del cortijo y dependencias agrícolas colindantes, todo ello aprovechando la energía solar, buscando mantener el medio ambiente con las energías renovables.

Está pensado para que las bombas de agua y baterías necesarias para el riego o la electricidad necesaria para el funcionamiento del cortijo se abastezcan de placas solares.

Palabras clave: Bombeo solar, Fotovoltaica, Olivar

1. Introducción

Se tienen 35 hectáreas, que se reducen a 31,7 al eliminar el camino que rodea. El terreno se va a destinar una plantación olivos en producción superintensiva. Para conseguir la mayor productividad posible, se van a regar.

Este Proyecto está elaborado para una finca situada en el Término Municipal de Acedera (Badajoz), zona regada por los pantanos del Plan Badajoz.

2. Definición del proyecto

El Proyecto se basa en el desarrollo de un estudio de todo lo necesario para que el riego de la plantación citada sea posible, buscando siempre el uso de energías sostenibles, en este caso la energía solar, y el cumplimiento de la normativa vigente.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

Se han estudiado los distintos modelos de placas solares, bombas, baterías, inversores, cables, tuberías, filtros, etc. que hay en el mercado, buscando los más apropiados para su función agrícola y se han elegido los que se consideran más adecuados para el Proyecto.

A la vez se han descrito las obras necesarias (balsa, caseta, zanjas, etc.) para que todo funcione correctamente.

Los consumos eléctricos que realiza el cortijo actualmente son producidos por un motor diésel, se calcula que son de 9,12 kWh/día, se busca sustituirlo por energía solar añadiendo a esto un ahorro económico.

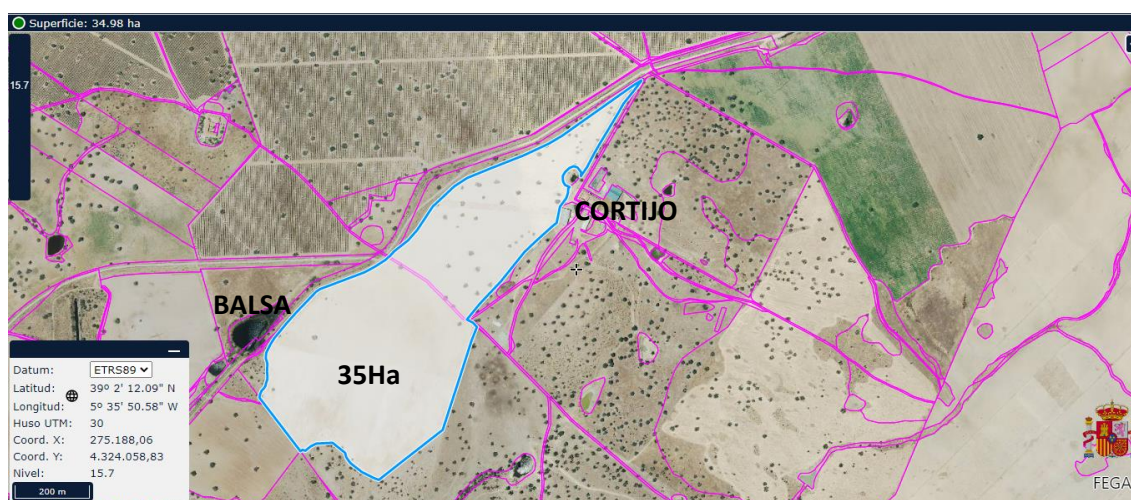


Figura 1: Plano del terreno donde se realizará el Proyecto (Fuente: Elaboración propia a través de Sigpac¹, 2023)

4. Resultados

La inversión que se va a hacer para obtener la energía necesaria será:

- 75 placas solares de 460 W, con una potencia de 34,05kW para el riego del olivar.
- 6 placas solares de 460W, con una potencia de 2,76kW para el cortijo.

Se necesitará un variador de frecuencia para el correcto funcionamiento de la bomba. Y en el caso de la instalación de autoconsumo, se incluirán baterías, inversor y el cuadro de mando con sus protecciones. Dado que son muchas las horas solares² de Extremadura se considera que esta instalación será suficiente para poder regar la plantación de olivos, sobre todo en las épocas que más agua necesita, así como suministrar al cortijo la electricidad necesaria para la vida cotidiana y las labores de un cortijo agrícola-ganadero (bombas para llevar agua a la casa, caminador de caballos, etc.)



En la imagen siguiente se muestra la balsa de acumulación que se usará para regar la plantación junto a un croquis de la instalación de placas necesaria para alimentar la bomba de riego.



Figura 2: Instalación de Placas Solares (Fuente: Elaboración propia mediante AutoCad, 2023)

5. Conclusiones

Tras considerar y desarrollar todos los aspectos que este Proyecto ha de tener en cuenta se llega a la conclusión de que es viable.

La ubicación del mismo en el campo hace que la energía solar esté unida al crecimiento y desarrollo del árbol, no sólo por su incidencia directa en el sino también por la energía limpia que se ha absorbido gracias a las placas solares, que a su vez han puesto en marcha el riego para que la producción sea mayor y en menos tiempo. Sol y agua se unen para alimentar nuestro campo.

6. Referencias

- [1] Sigpac. 2023. Visor de mapas.
- [2] Weather Spark. 2023. Nubosidad en Badajoz en 2022.



DESIGN OF IRRIGATION SYSTEM FOR OLIVE GROVES

Autor: De Nogales Requena, Carmen Esther.

Director: Dr. García de Garmendia, Antonio.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The aim of this project is to install an irrigation system for a super-intensive olive tree plantation, as well as for the electricity supply of the farmhouse and adjoining farm buildings, all of this taking advantage of solar energy, seeking to maintain the environment with renewable energies.

It is designed so that the water pumps and batteries necessary for irrigation or the electricity needed for the operation of the farmhouse are supplied by solar panels.

Keywords: Solar pumping, Photovoltaic, Olive groves

1. Introduction

There are 35 hectares, which are reduced to 31.7 hectares by eliminating the surrounding road. The land is to be used for planting olive trees in super-intensive production. In order to achieve the highest possible productivity, the land will be irrigated.

This project has been drawn up for a farm located in the municipality of Acedera (Badajoz), an area irrigated by the reservoirs of the Badajoz Plan.

2. Project definition

The project is based on the development of a study of everything necessary to make the irrigation of the before mentioned plantation possible, always seeking the use of sustainable energies, in this case solar energy, and compliance with current regulations.

3. Model description

The different models of solar panels, pumps, batteries, inverters, cables, pipes, filters, etc. on the market have been studied, looking for the most appropriate for their agricultural function and those considered most suitable for the Project have been chosen.

At the same time, the necessary works have been described (pond, hut, ditches, etc.) so that everything works correctly.

The electricity consumption of the farmhouse is currently produced by a diesel engine, estimated at 9.12 kWh/day, and the aim is to replace it with solar energy, adding to this an economic saving.

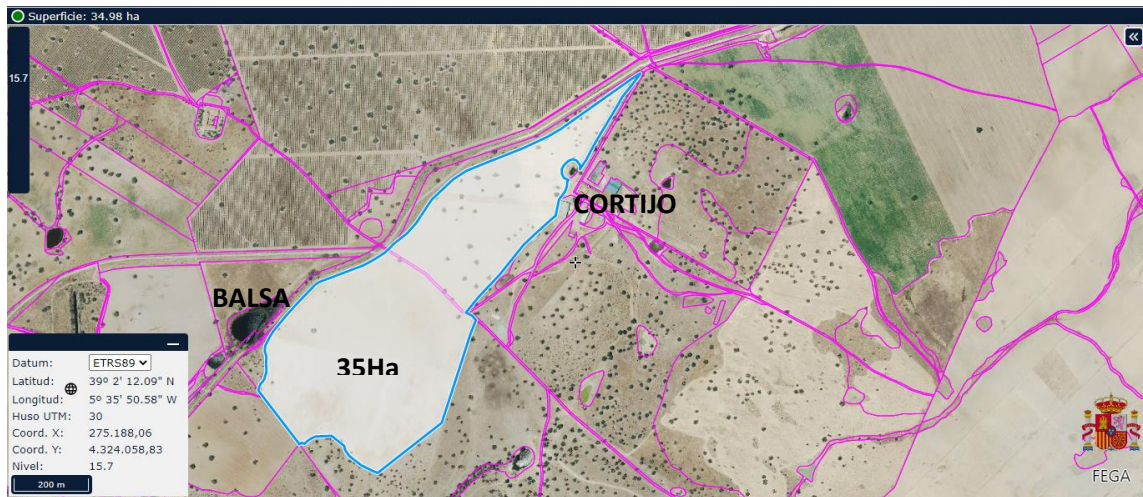


Figure 3: Basement of the project (Source: Own elaboration, with Sigpac¹, 2023)

4. Results

The investment to be made to obtain the necessary energy will be:

- 75 solar panels of 460 W, with a power of 34,05kW for the irrigation of the olive grove.
- 6 solar panels of 460W, with a power of 2.76kW for the farmhouse.

Given that there are many solar hours in Extremadura², it is considered that this installation will be sufficient to be able to irrigate the olive plantation, especially in the periods when it needs the most water, as well as to supply the farmhouse with the electricity necessary for daily life and the work of an agricultural and livestock farm (pumps to carry water to the house, horse walker, etc.).

The image below shows the storage tank that will be used to irrigate the plantation together with a sketch of the plate installation needed to feed the irrigation pump.





Figure: Solar Panel Installation (Source: Own elaboration with Autocad, 2023)

5. Conclusions

After considering and developing all the aspects that this project must consider, we have come to the conclusion that it is viable.

Its location in the field means that solar energy is linked to the growth and development of the tree, not only because of its direct impact on it but also because of the clean energy that has been absorbed thanks to the solar panels, which in turn have started up the irrigation system so that production is greater and in less time. Sun and water come together to feed our countryside.

6. References

- [1] Sigpac. 2023. Visor de mapas.
- [2] Weather Spark. 2023. Nubosidad en Badajoz en 2022.



ÍNDICE

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	20
1.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO	20
1.2 MOTIVACIÓN	20
1.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	21
1.3.1 Antecedentes Históricos	21
1.3.2 Ubicación de la finca.....	22
1.4 ALINEACIÓN CON LOS ODS	24
1.5 PLANTACIÓN DE OLIVOS	25
1.5.1 Tipos de olivar.....	26
1.5.2 Olivar superintensivo	27
1.5.3 Variedades de Olivo	29
1.5.4 Enfermedades de los olivos	29
1.5.5 Elección de tipo de olivar.....	30
1.6 NORMATIVA VIGENTE	31
1.6.1 Renovables	31
1.6.2 Regadío.....	31
1.6.2 Medio ambiente.....	31
1.7 CONCLUSIONES.....	32
CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS	33
2.1 BOMBEO SOLAR.....	33
2.1.1 Tipos de bombas	34
2.1.1.1 Motobombas	34
2.1.1.2 Electrobombas	34
2.1.1.2.1 Bombas de agua de superficie.....	34
2.1.1.2.2 Bombas de agua sumergibles	35
2.1.2.2.3 Bombas dosificadoras	36



2.2 AGRONIC	36
2.2.1 Módulo Agronic Monocable (MAM).....	38
2.2 ELECCIÓN SISTEMA DE RIEGO	39
2.3 ELEMENTOS SINGULARES DE RIEGO	42
2.3.1 Manómetros	42
2.3.1.2 Manómetro de glicerina	42
2.3.2 Ventosas	43
2.3.2.1 Ventosa bifuncional automática	43
2.3.2.2 Ventosa Cinética.....	44
2.3.2.3 Ventosa trifuncional	45
2.3.4 Válvulas	45
2.3.4.1 Válvula para productos químicos.....	45
2.3.4.2 Electroválvula reductora de presión	46
2.3.4.3 Válvula de retención	47
2.3.5 Contadores	47
2.3.6 Estación meteorológica y sensores.....	48
2.4 TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA	49
2.4.1 Tipos de instalaciones fotovoltaicas según su conexión a red	50
2.4.1.1 Sistema aislado o autónomo de energía eléctrica	50
2.4.1.2 Sistema conectado a Red	51
2.4.2 Paneles Solares	51
2.4.2.1 Tipos de paneles solares	52
2.4.2.1.1 Paneles monocristalinos	53
2.4.2.1.2 Paneles policristalinos	53
2.4.2.1.3 Monofaciales.....	54
2.4.2.1.4 Bifaciales.....	54
2.4.3 Ángulos.....	55



2.4.3.1 Azimut	55
2.4.3.2 Inclinación.....	55
2.4.4 Estructura de las placas	55
2.5 ELEMENTOS SINGULARES FOTOVOLTAICOS	56
2.5.1 Baterías	56
2.5.1.1 Baterías AGM	56
2.5.1.2 Baterías de gel.....	57
2.5.1.3 Baterías de plomo ácido	57
2.5.1.4 Baterías de Litio.....	57
2.5.2 Inversor	58
2.5.3 Regulador de carga.....	58
2.6 CONCLUSIONES	59
CAPÍTULO III: INSTALACIÓN DE REGADÍO	60
3.1 NECESIDADES HÍDRICAS	60
3.1.1 Introducción Evapotranspiración.....	60
3.1.1.1 Evapotranspiración de referencia	61
3.1.1.2. Factor de corrección de cultivo.....	61
3.1.1.3 Factor de corrección por localización.....	62
3.1.1.4 Factor de corrección por condiciones locales	62
3.1.1.5 Coeficiente de Advección	62
3.1.2 Evapotranspiración.....	63
3.1.3 Precipitación	63
3.1.4 Necesidades totales hídricas.....	64
3.2 TIEMPO DE RIEGO	65
3.3 BALSA ACUMULACIÓN	66
3.3.1 Dimensionamiento de la charca	67
3.3.2 Recubrimiento de la balsa	69



3.4 CABEZAL DE FILTRADO.....	70
3.4.1 Filtro de arena.....	70
3.4.2 Filtro de malla	71
3.4.3 Elección de filtros	72
3.5 EQUIPO DE FERTIRRIGACIÓN	72
3.5.1 Depósitos.....	72
3.5.2 Bombas dosificadoras.....	72
3.6 CASETA	74
3.7 TUBERÍAS DE RIEGO	75
3.7.1 Tubería principal	75
3.7.2 Tubería secundaria	76
3.7.3 Tubería porta goteros	76
3.8 SECTORES DE RIEGO	81
3.9 DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA	82
3.9.1 Pérdidas de carga	82
3.9.2 Bomba	86
3.9.3 Variador de frecuencia	87
3.9.4 Controlador de bomba	88
3.10 PLANO DE LA INSTALACIÓN	89
3.11 CONCLUSIONES	89
CAPÍTULO IV: INSTALACIÓN SOLAR	91
4.1 INSTALACIÓN SOLAR PARA BOMBEO.....	91
4.1.1 Dimensionamiento de placas para riego.....	91
4.1.2 Estructura de placas	92
4.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DEL CORTIJO	94
4.2.1 Consumos	96
4.2.2 Dimensionamiento batería	97



4.2.3. Dimensionamiento de potencia instalada	98
4.2.4 Análisis de resultados	99
4.2.5 Dimensionamiento de paneles.....	100
4.3.6. Elementos de la instalación	101
4.3 CONCLUSIONES	102
CAPÍTULO V: PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA	104
5.1 PRESUPUESTO	104
5.1.1 Presupuesto Instalación Riego	104
5.1.2 Presupuesto instalación cortijo	105
5.2 VIABILIDAD ECONÓMICA.....	106
5.2.1 Plantación de olivos	106
5.2.2 Instalación del cortijo	109
5.3 CONCLUSIONES	110
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES	111
CAPÍTULO VII: REFERENCIAS.....	113
CAPÍTULO VIII: ANEXOS.....	115
ANEXO I: CABEZAL DE FILTRADO.....	115
ANEXO II: PÉRDIDAS DE CARGA NORMALIZADAS	116
ANEXO III: TUBERÍA PORTAGOTEROS	120
ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA	121
ANEXO V: ESTRUCTURA DE PLACAS SOLARBLOC	122
ANEXO VI: FACTURA CRISTÓBAL CANSADO, S.L.	123



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Vista aérea de la finca (Fuente: Elaboración propia a través de Sigpac ¹ , 2023)	22
Figura 2: Nubosidad en Badajoz en 2022 (Fuente: Weatherspark ³ , 2023)	22
Figura 3: Vista aérea de las parcelas (Fuente: Elaboración propia a través de Sigpac, 2023)	23
Figura 4: Mapa curvas de nivel (Fuente: Cristóbal Cansado S.L, 2023)	24
Figura 5:Objetivos de Desarrollo Sostenible (Fuente: Elaboración propia,2023)	24
Figura 6:Evolución de hectáreas de olivar en España (Fuente: MAPA ⁸ , 2022)	26
Figura 7:Olivar Superintensivo (Fuente: Elaboración propia,2023)	28
Figura 8:Bomba de agua sumergible (Fuente: Likitech,2023)	35
Figura 9:Bomba dosificadora (Fuente: Mundoriego,2023)	36
Figura 10:App Agronic (Fuente: Agronic, 2018)	37
Figura 11:Esquema módulo monocable (Fuente: Agronic,2023)	39
Figura 12:Esquema instalación de bombas (Fuente: Prakor,2023)	41
Figura 13:Manómetro diferencial (Fuente: Copersa ³⁶ ,2023)	42
Figura 14:Manómetro de glicerina (Fuente: Copersa,2023)	43
Figura 15:Bomba Bifuncional Automática (Fuente: Copersa, 2023)	44
Figura 16:Ventosa Cinética (Fuente: Copersa, 2023)	44
Figura 17:Ventosas Tridimensionales (Fuente: Copersa, 2023)	45
Figura 18:Válvula para productos químicos (Fuente: Amiad,2023)	46
Figura 19:Electroválvula Reductora (Fuente: Cristóbal Cansado S.L.,2023)	46
Figura 20:Válvula de retención (Fuente: MundoRiego, 2023)	47
Figura 21:Cable emisor (Fuente: Cristóbal Cansado,2023)	48
Figura 22:Contador de pulsos (Fuente: Cristóbal Cansado,2023)	48
Figura 23:Estación meteorológica (Fuente: Cristóbal Cansado,2023)	49
Figura 24:Potencia instalada solar fotovoltaica en España (Fuente: REE ²⁶ , 2022)	50
Figura 25:Funcionamiento paneles solares (Fuente: Bingsolar,2023)	53
Figura 26:Paneles Monofaciales y bifaciales (Fuente: Mbt energy,2023)	54



Figura 27: Regulador de carga (Fuente: Victron energy,2023)	59
Figura 28:Coeficiente de Advección (Fuente: Slideshare, 2023)	62
Figura 29:Vista aérea de la charca (Fuente: Elaboración propia a través de Sigpac,2023)	67
Figura 30:Croquis de la charca (Fuente: Elaboración propia mediante Autocad,2023)	68
Figura 31:Características de láminas para balsas (Fuente: Macoglass,2022).....	69
Figura 32:Balsa de acumulación (Fuente: Elaboración propia,2021)	70
Figura 33:Filtros de arena (Fuente: Lama,2023)	71
Figura 34:Filtro de malla (Fuente: Lama,2023)	71
Figura 35: IPE120 e IPE220 (Fuente: Dlubal, 2023)	74
Figura 36:Caseta de riego (Fuente: Elaboración propia,2022)	75
Figura 37:Gotero (Fuente: CHAMSA,2023)	77
Figura 38:Mapa de tuberías (Fuente: Elaboración propia con Autocad, 2023)	79
Figura 39:Mapa tuberías y válvulas (Fuente: Elaboración propia,2023)	80
Figura 40:Plano sectores (Fuente: Elaboración propia con Autocad, 2023)	81
Figura 41:Coeficiente de pérdidas secundarias (Fuente: Hidráulica fácil, 2017)	83
Figura 42:Croquis tuberías para pérdida de carga (Fuente: Elaboración propia,2024).....	84
Figura 43:Catálogo bombas Likitech (Fuente: Likitech,2023)	87
Figura 44:Variador de frecuencia (Fuente: FotoHerz,2023)	88
Figura 45:Controlador de bomba (Fuente: Grundfos, 2023).....	88
Figura 46: Croquis de la instalación (Fuente: Elaboración propia, 2023)	89
Figura 47:Variador de frecuencia (Fuente: Cristóbal Cansado, 2023)	92
Figura 48:Placas solares sobre tierra (Fuente: Elaboración propia,2021)	93
Figura 49:Croquis paneles (Fuente: Elaboración propia con Autocad 2024, 2023)	94
Figura 50: Esquema unifilar instalación (Fuente: Elaboración propia, 2023).....	94
Figura 51:Vista aérea del cortijo (Fuente: Elaboración propia a través de Google Maps, 2023) 95	
Figura 52:Variación del Azimut del sol (Fuente: SunEarthTools, 2023).....	96
Figura 53: Esquema Instalación del cortijo (Fuente: Elaboración propia, 2023)	102



Figura 54: Recuperación de la inversión (Fuente: Elaboración propia, 2023) 109

Figura 55: Ahorro en 15 años (Fuente: Elaboración propia, 2023) 110



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Resumen características según el tipo de olivar (Fuente: Elaboración propia, 2023)	27
Tabla 2: Resumen afección de las enfermedades a las variedades (Fuente: Agromillora ¹⁰ , 2023) 30	
Tabla 3: Características de los tipos de bombeo (Fuente: Toscano Solar ²⁵ , 2023)	34
Tabla 4: Consecuencias de la falta de agua en olivos (fuente: Elaboración propia a partir de Cultivo del Olivo, Orgaz y Fereres, 1999 ³²)	40
Tabla 5: Características de los paneles (Fuente: Elaboración propia)	55
Tabla 6: Evapotranspiración de referencia (Fuente: Elaboración propia a través de REDAREX) .	61
Tabla 7: Coeficiente de cultivo (Fuente: Cicytex ⁵² , 2023)	61
Tabla 8: Evapotranspiración total (Fuente: Elaboración propia, 2023)	63
Tabla 9: Precipitaciones Don Benito (Fuente: Elaboración propia, 2023)	64
Tabla 10: Necesidades hídricas del olivar (Fuente: Elaboración propia)	65
Tabla 11: Volumen de agua necesario (Fuente: Elaboración propia, 2023)	68
Tabla 12: Tabla de bombas dosificadoras (Fuente: Cristóbal Cansado, 2023)	73
Tabla 13: Tabla de tuberías (Fuente: CHAMSA, 2023)	77
Tabla 14: Características técnicas tuberías portagoteros (Fuente: CHAMSA, 2023)	78
Tabla 15: Pérdidas de carga en tuberías (Fuente: Elaboración propia, 2023)	85
Tabla 16: Pérdidas de carga totales (Fuente: Elaboración propia, 2023)	85
Tabla 17: Consumos del cortijo (Fuente: Elaboración propia, 2023)	97
Tabla 18: Capacidad de las baterías (Fuente: Elaboración propia, 2023)	98
Tabla 19: Resumen energético de la instalación (Fuente: Elaboración propia a través de PVGIS, 2023)	99
Tabla 20: Rendimiento instalación eléctrica (Fuente: PVGIS, 2023)	100
Tabla 21: HSP en el cortijo con inclinación de tejado 30º, (Fuente: Elaboración propia a través de PVGIS, 2020)	100
Tabla 22: Energía instalada (Fuente: Elaboración propia, 2023)	101
Tabla 23: Presupuesto Instalación de Regadío (Fuente: Cristóbal Cansado S.L., 2023)	104



Tabla 24: Costes de obra (Fuente: Elaboración propia, 2023).....	104
Tabla 25: Costes olivos (Fuente: Elaboración propia,2023).....	105
Tabla 26: Resumen de gastos totales instalación de regadío (Fuente: Elaboración propia, 2023)	105
Tabla 27: Costes instalación cortijo (Fuente: Autosolar, 2023)	105
Tabla 28: Costes de mantenimiento (Fuente: Jose M. Nogales, 2022, 2023)	106
Tabla 29:Beneficio Neto con venta de aceite (Fuente: Elaboración propia, 2023)	107
Tabla 30:Beneficio Neto con venta de aceituna (Fuente: Elaboración propia,2023)	108
Tabla 31: Análisis económico (Fuente: Elaboración propia, 20223).....	109



CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

En este primer capítulo se va presentar el Proyecto. Se hablará de los antecedentes históricos de la agricultura de secano en Extremadura y su evolución, marcada de forma especial por el Plan Badajoz y el desarrollo del regadío en una zona eminentemente agrícola. Se continuará con la ubicación de la finca en esta zona, favorecida por la posibilidad de riego, a través de mapas del Sirpag.

Además, se incluirán las medidas que se comprometen con el cumplimiento de los objetivos de desarrollo sostenible, ODS.

El quinto apartado va a centrar su interés en la propia plantación de olivos, haciendo un estudio de los distintos tipos de olivar, del olivar superintensivo, objeto de este Proyecto, de las variedades y enfermedades de este árbol para, finalmente explicar el porqué de la elección de este tipo de cultivo.

En el último apartado se explica toda la normativa vigente sobre energía renovables, sobre los sistemas de riego en Extremadura y sobre el medio ambiente.

1.1 PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

El Proyecto tiene como finalidad diseñar el regadío de una plantación de olivos situada en Extremadura.

Este trabajo pretende trazar todo el sistema de regadío, desde bombas de agua a tuberías necesarias para el correcto funcionamiento de la instalación. En cuanto a la instalación eléctrica que se necesita para el funcionamiento de las bombas, se va a diseñar mediante placas fotovoltaicas debido a que no se encuentran redes de distribución eléctricas próximas a la finca. Los paneles se van a situar próximos a la balsa de agua para evitar la mayor pérdida de carga posible. Aprovechando el estudio fotovoltaico que se va a hacer para las bombas, se va a estudiar la posibilidad de una instalación solar en el cortijo que actualmente funciona con un motor diésel. Los consumos de la casa serán de luz, pequeña maquinaria, electrodomésticos y una bomba para llevar el agua de un sondeo a la casa.

1.2 MOTIVACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, el objetivo es dimensionar la instalación de regadío de un olivar. El diseño eléctrico será suficiente para poder alimentar las bombas de agua y gastos de energía que sean cotidianos en el cortijo.



Una de las motivaciones por las que se ha elegido un olivar superintensivo y no uno tradicional es el gran grado de mecanización que tiene este tipo de cultivo. Cada día la mano de obra es más cara y por lo tanto hay que conseguir rendimientos que sean rentables, mecanizando la recogida de aceituna los procesos son mucho más rápidos. Por otro lado, en la mayoría de las actividades del sector primario en el beneficio influyen en gran medida los agentes climatológicos, el regadío permite plantar o sembrar cultivos con la certeza de que su crecimiento no se va a ver afectado por la falta de agua. La motivación de mecanizar lo máximo posible ha influido también en la elección de energía renovable ya que exige menor mantenimiento que el de motores de combustión.

1.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La finca donde se localiza el Proyecto se encuentra en Extremadura, más concretamente en Badajoz en el término municipal de Acedera.

1.3.1 Antecedentes Históricos

Hay tres grandes transformaciones ecológicas a lo largo de la historia en la agricultura extremeña que fueron evolucionando junto con la sociedad. La primera de ellas fue la dehesa, grandes extensiones de terreno donde no se necesitaba apenas mano de obra, la población en esta región era escasa y se encontraba muy dispersa. A partir del siglo XVI, se produjo un crecimiento demográfico ocasionando la implantación de los cultivos de secano en las zonas más pobladas. A mediados del S.XX la dehesa y la agricultura de secano ya no eran capaces de sostener el crecimiento de la población, en ese momento surge el regadío.

El regadío tomó mucho impulso en esta zona gracias al Plan Badajoz, se construyeron grandes presas de las que salían canales principales y de ellos otros secundarios transformando parcelas de secano en regadío. Esto llevó a la construcción de los pueblos conocidos como de colonización que facilitaron la recuperación de las zonas rurales después de la guerra a mediados del S. XX.

Gracias, principalmente a la última gran transformación, se convirtieron 95.000ha en regadío, siendo Badajoz, actualmente, una de las principales productoras de arroz, tomate, frutas y aceituna².

1.3.2 Ubicación de la finca

La finca se encuentra en la demarcación de las Vegas Altas, es una zona cuyas tierras de regadío se caracterizan por su llanura y fertilidad. La principal actividad económica es la agricultura. En la siguiente imagen aparece un mapa con la ubicación de la finca. En él se puede observar la proximidad de la finca a los pantanos que forman el río Guadiana y sus afluentes.



Figura 1: Vista aérea de la finca (Fuente: Elaboración propia a través de Sigpac¹, 2023)

La ubicación es idónea para un olivar superintensivo, con regadío alimentado por energía solar, ambas propuestas son por dos motivos fundamentales, se tiene agua y sol. Se puede disponer del agua proveniente del pantano de García Sola mediante el canal de Las Dehesas. El otro componente principal para el proyecto es la luz y Badajoz es una de las provincias con mayor cantidad de horas solares anuales.

En la siguiente gráfica se muestra la nubosidad en 2022 en la provincia, esta aparece reportada por hora del día, a color más oscuro, más nubosidad:

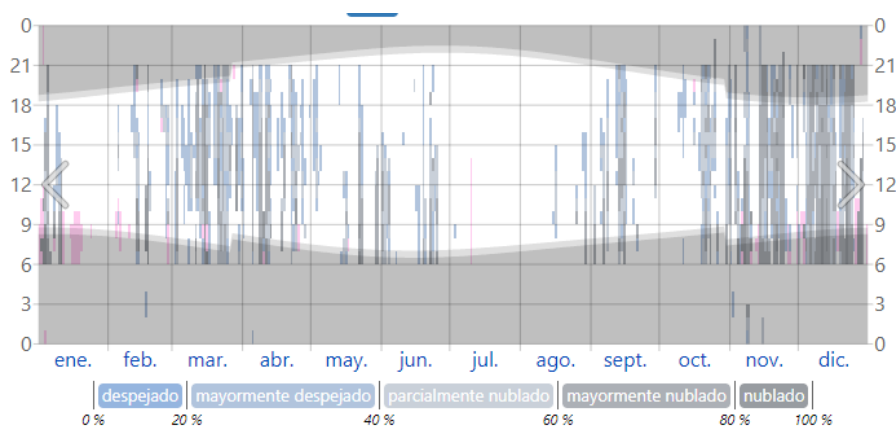


Figura 2: Nubosidad en Badajoz en 2022 (Fuente: Weatherspark³, 2023)

Cabe destacar que, observando el gráfico, los meses con menos horas de sol son principalmente invierno y primavera que son los meses en los que, en principio, no es necesario el riego. La campaña de riego depende de las condiciones climáticas del año, pero normalmente empieza a finales del mes de mayo y termina a finales de septiembre o mediados de octubre, hasta que se recoge la aceituna. Durante este periodo la nubosidad no es muy alta por lo que es factible regar mediante la instalación solar como fuente de energía.

El terreno donde se va a instalar la plantación está formado por dos parcelas, entre las dos suman una superficie de 35Ha. Ambas se encuentran en el término municipal de Acedera. En la siguiente imagen aparece la situación de las dos parcelas además de la balsa de agua y el cortijo. La fuente de agua, es decir, la balsa, está situada a 100m por debajo de la cota más alta de las 35 hectáreas en las que se planean plantar los olivos.

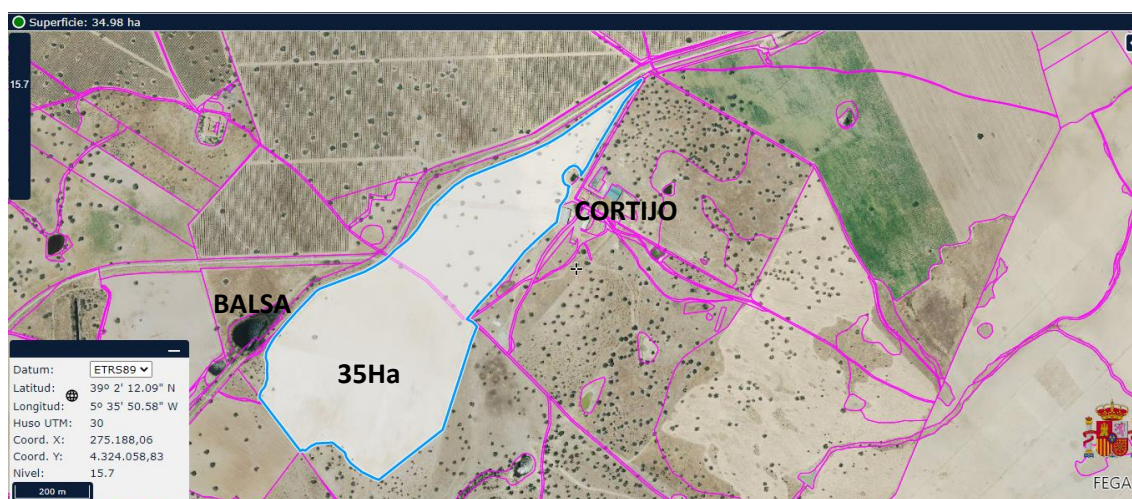


Figura 3: Vista aérea de las parcelas (Fuente: Elaboración propia a través de Sigpac, 2023)

En La siguiente imagen se muestra un mapa con las curvas de nivel de ambas parcelas:

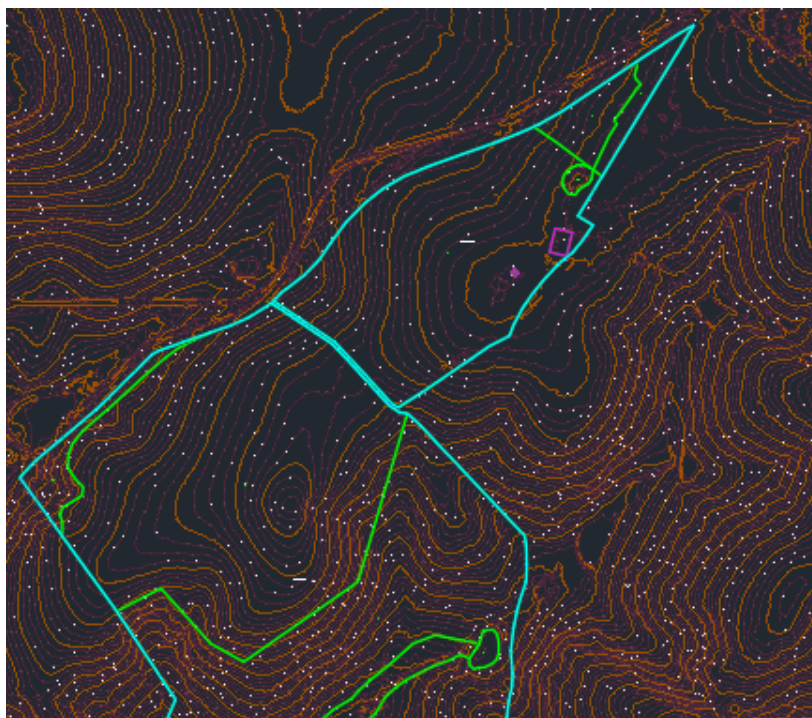


Figura 4: Mapa curvas de nivel (Fuente: Cristóbal Cansado S.L, 2023)

1.4 ALINEACIÓN CON LOS ODS



Figura 5:Objetivos de Desarrollo Sostenible (Fuente: Elaboración propia,2023)

Con este Trabajo se busca cumplir con los ODS⁴, es decir, los objetivos de desarrollo sostenible. Estos objetivos se definieron en la asamblea de Naciones Unidas en 2015 y buscan una solución a los desafíos globales que hay hoy en día, algunos de estos, son la pobreza, desigualdad, degradación ambiental o la prosperidad. A continuación, se van a analizar en profundidad los puntos en los cuales este Proyecto se alinea a los objetivos.



En primer lugar, energía asequible y no contaminante, las energías renovables hacen más fácil llevar electricidad a zonas más despobladas que, de otra manera, no tendrían oportunidad de tener este recurso. En concreto, en este Proyecto el sol va a ser la fuente de energía para el uso de las bombas de riego.

El segundo lugar, este trabajo va a permitir el crecimiento económico. Gracias al regadío, la zona de Extremadura se ha revitalizado, permitiendo cultivar en verano cuando, si no hubiera agua no sería viable. Esto ha permitido que la población no tenga que emigrar en busca de trabajo en determinadas épocas del año, ya que durante todo el año se puede trabajar en el campo y en actividades relacionadas con él. Aunque no haya mucho mantenimiento en la instalación propuesta, se necesita mano de obra en varios momentos del año para actividades como poda de los árboles, control de riego de las plantas o cura de los árboles.

En tercer lugar, la innovación también ha llegado al sector primario buscando los mejores rendimientos en los cultivos. La forma de preparar el terreno para plantar árboles, así como su orientación influyen en gran manera en su producción. En un sector donde se juega con unos márgenes tan pequeños de beneficio es de vital importancia invertir en innovación.

En último lugar, este Proyecto lucha por el cambio climático al plantar árboles, en concreto olivos y usar energía renovable como se ha comentado en el primer punto.

1.5 PLANTACIÓN DE OLIVOS

Actualmente se encuentran plantaciones de olivos en el 25% de la superficie cultivable permanente de la Tierra⁵. De esta superficie, el 85% se concentra en países Mediterráneos, siendo España la nación con mayor terreno de olivar seguido de Túnez, Italia, Grecia y Marruecos⁶.

En los últimos 15 años se ha producido un gran incremento en la superficie de olivar en España debido a las muchas mejoras e innovaciones obtenidas en este sector, tanto para el desarrollo de los árboles como para la recogida de la aceituna, provocando una mejora considerable en los rendimientos frente a las técnicas usadas anteriormente⁸.

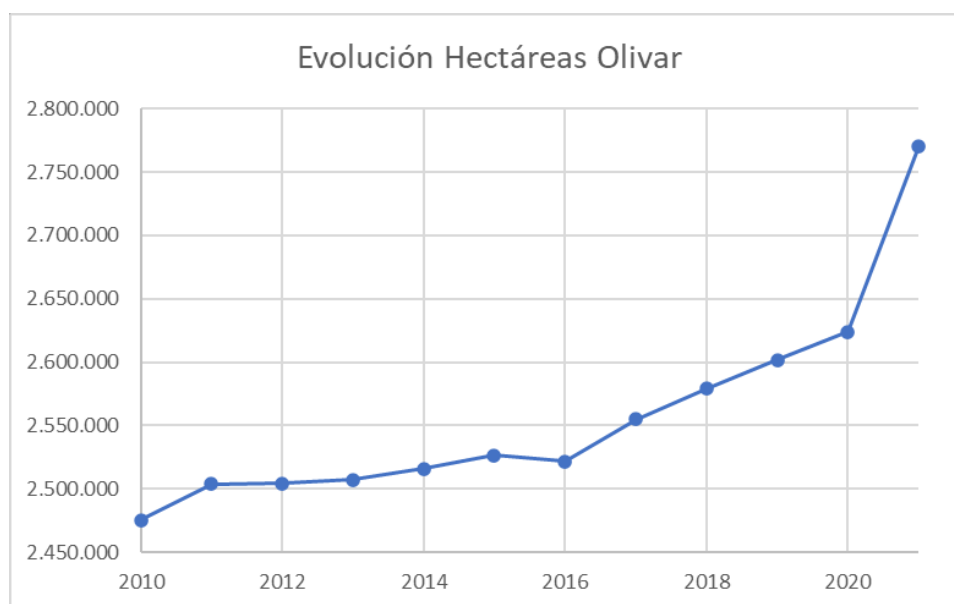


Figura 6: Evolución de hectáreas de olivar en España (Fuente: MAPA⁸, 2022)

1.5.1 Tipos de olivar

Hay tres tipos de olivar dependiendo de la forma en la que se planten los árboles, el riego y la recolección, estos son: olivar tradicional, intensivo o superintensivo.

En el olivar tradicional⁹, como su nombre indica, el olivo se encuentra en su estado más antiguo. En España representa el 70% del total de hectáreas destinadas a este árbol, según un artículo emitido por Unicaja⁷. Los olivos suelen tener varios pies para maximizar la producción, el problema es que los procesos de recolección y mantenimiento están nada o poco mecanizados lo que implica muchos gastos de mano de obra. Por otro lado, al ser árboles muy grandes y necesitar espacio entre las plantas, suele haber entre 80 y 100 olivos por hectárea. La gran mayoría de estas plantaciones son de secano, generando una producción de entre 1.000kg-8.000kg por hectárea. En cuanto a los costes⁹ se estiman entre 2,0-3,06€/kg, la variación de estos depende de si el trabajo se puede mecanizar o no. Por último, los árboles empezarían a dar producción a partir de los 6-7 años.

El olivar intensivo⁹ o de copa aparece con la búsqueda de mecanizar los procesos de recolección y mantenimiento de los olivos para poder obtener, de esta manera, mejores rendimientos. A su vez, este tipo de plantación empieza a dar producción a partir de los 3-4 años. Los árboles son de un único pie y están a menor distancia entre sí que en el olivar tradicional, permitiendo que haya entre 200 y 600 plantas por hectárea. Hay plantaciones tanto de secano como de regadío en las que difieren mucho las producciones obtenidas, siendo las máximas en secano de 5.000kg por hectárea frente a los 12.000kg por hectárea que se pueden obtener regando los árboles. El mecanizado de los trabajos mejora los costes frente al olivo tradicional, los valores medios se



encuentran entre 1.29-1.66€/kg variando a su vez entre el seco y el regadío, este último tiene menos costes.

En tercer lugar, el olivar superintensivo⁹ se caracteriza porque está en forma de seto permitiendo tener más plantas en el mismo espacio, mecanizando y agilizando aún más las tareas de recogida de aceituna y el mantenimiento de las plantas. Aunque la inversión inicial es mayor que en los otros tipos de olivar, empieza a dar producción a partir del segundo o tercer año. El número de plantas por hectárea oscila entre 1.000 y 2.000 dependiendo si la instalación es de regadío o de seco, ocurre lo mismo con las producciones obtenidas ya que estas pueden variar entre los 5.000 y 20.000 kg por hectárea. Por último, los costes son menores a 1€/kg. gracias al mecanizado de todo el proceso.

A continuación, se muestra una tabla resumen de las principales características de cada tipo de olivar:

Tipo Olivar	Kg/Ha Aceituna		Primera Producción
	MIN	MAX	Años
Tradicional Seco	1.000	4.000	6-7
Tradicional Regadío	4.000	8.000	6-7
Intensivo Seco	5.000	6.000	3-4
Intensivo Regadío	8.000	12.000	3-4
Seto Seco	5.000	6.000	2-3
Seto Regadío	10.000	20.000	2-3

Tabla 1: Resumen características según el tipo de olivar (Fuente: Elaboración propia, 2023)

1.5.2 Olivar superintensivo

Como se ha comentado anteriormente, España es la primera potencia a nivel mundial en hectáreas de olivares y, en consecuencia, en producción de aceite. Actualmente, el sector está en vías de modernización, gracias a las nuevas técnicas de cultivo y la maquinaria más especializada.

A principios de los años noventa empezaron a proliferar las plantaciones de olivares superintensivos revolucionando este sector de la agricultura, incrementando las producciones y



reduciendo costes. Sin embargo, no todos los terrenos son apropiados para esta forma de plantación ya que muchas instalaciones olivar tradicional se encuentran en terrenos con una pendiente elevada o/y no tienen recursos hídricos suficientes para poder realizar la transformación y modernización.

El olivar superintensivo tiene grandes beneficios económicos como que los proyectos son rentables sin necesidad de subvenciones ya que se empieza a recoger aceituna a partir del tercer año lo que provoca una rápida recuperación de la inversión. Además, se puede producir un 1kg de aceite de Oliva Virgen Extra por debajo de los costes del olivar tradicional, esto se debe a que se tarda aproximadamente dos horas y media por hectárea en la recolección y todos los trabajos son mecanizados⁹. Por último, si se tiene regadío, las producciones se esperan altas y constantes porque no están tan determinados por los agentes atmosféricos como los otros tipos de olivar.



Figura 7:Olivar Superintensivo (Fuente: Elaboración propia,2023)

Las principales características de este tipo de plantación son que partir del quinto año el olivar se encuentra en plena producción, que la plantación también se realiza de forma mecanizada mediante una plantadora guiada por GPS y, por último, la calidad de la aceituna se mejora con el olivar superintensivo ya que esta se coge directamente del árbol evitando que toque el suelo y se dañe.



1.5.3 Variedades de Olivo

Hay tres tipos principales de variedades de olivo usados para superintensivo: arbequina, arbosana y sikitita.

Arbequina^{10,12} es la variedad predominante en este tipo de cultivo, una de las razones es su gran resistencia frente a las bajas temperaturas, además, tolera a las principales enfermedades de hongos que afectan a los olivos (*Reptilo* y *Verticillium*) y a la Tuberculosis. En cuanto al fruto, la aceituna madura pronto y debe recogerse en verde ya que el problema principal de esta variedad es la baja resistencia a la oxidación del aceite de oliva Arbequina.

Arbosana^{10,12} es la opción que se suele elegir para zonas donde no hay mucho frío ya que se adapta muy bien a la forma de seto y el bajo vigor de la planta la hace ideal para el superintensivo. Con respecto a la aceituna arbequina, la arbosana tarda más en oxidarse. Como contrapuntos con respecto al resto, a maduración es más tardía y suele ser menos productiva.

Sikitita o Chiquitita^{10,12} es un híbrido obtenido a partir de dos variedades de olivo, picual y arbequina, se distingue porque es un árbol pequeño que ayuda a reducir costes de poda. La maduración se produce antes que la Arbequina provocando que la cosecha se adelante una semana con respecto a esta. Lo malo de esta variedad es que es sensible a enfermedades.

1.5.4 Enfermedades de los olivos

Por otro lado, hay tres principales enfermedades en los olivos¹² que hay que tener en cuenta a la hora de elegir la variedad ya que unas son más resistentes que otras. La primera de ellas es el *Veticilium*, se trata de un hongo que afecta a las raíces de los olivos provocando una disminución de la producción y puede provocar deshidratación en plantas de menos de 10 años. Este hongo se encuentra en la base de los árboles donde resulta muy difícil de combatir. Esta es la principal enfermedad que pueden contraer los olivos. La segunda es *Reptilo* y al igual que el anterior, es un hongo, pero en vez de atacar a las raíces, lo hace a las hojas del olivo. Suele darse en otoño y primavera cuando se combinan temperaturas suaves y humedad. Esto conduce a la defoliación prematura de los árboles y al fracaso de las cosechas. Este hongo se puede tratar y controlar. Por último, roña o tuberculosis aparece en los árboles en forma de verrugas causadas por la bacteria *Pseudomonas savastanoi*. Se forma cuando las bacterias entran en la planta a través de una herida. Esto provoca debilitamiento, deformación y secado en las ramas del olivo, lo que se traduce en pérdida de producción y mala calidad del aceite. El tratamiento básico es podar las ramas enfermas para evitar propagación.



A continuación, se muestra una tabla resumen de la resistencia de las tres principales variedades de olivo antes mencionadas frente a estas enfermedades.

RESISTENCIAS	1=muy baja	5=muy alta	
	Arbequina	Arbosana	Sikitita
Frío	3	2	3
Verticillium	3	2	1
Repilo	3	5	3
Tuberculosis	2	2	1

Tabla 2: Resumen afección de las enfermedades a las variedades (Fuente: Agromillora¹⁰, 2023)

1.5.5 Elección de tipo de olivar

Por todo lo comentado y observando el comportamiento ante las distintas enfermedades, para este proyecto se va a usar la variedad arbequina. Su alta productividad, la buena regularidad de fruto y el buen enraizamiento lo hacen idóneo para este terreno. El marco que se ha elegido para la plantación es de 4m entre filas de árboles y entre los árboles será de 1,3m aprovechando al máximo la superficie que se tiene. La parcela está formada por 35ha, pero hay que dejar un camino que la rodee, de aproximadamente 6 metros para que pueda maniobrar la maquinaria de uso. Quitando el terreno ocupado por el camino exterior, quedan 31,7ha. Además de este camino, hay caminos intermedios aproximadamente cada 200 metros dependiendo del sector para facilitar la recolección. En esos caminos se pierde un poco menos de una hectárea por lo que quedaría una superficie de 31ha para árboles. Por lo tanto, colocando los árboles a un marco de 4x1,3m se obtiene el siguiente número de plantas por hectárea.

$$n^{\circ} \text{ plantas} = \frac{1 \text{ ha (m}^2\text{)}}{\text{Área}_{\text{planta}}} = \frac{10,000\text{m}^2}{4 \cdot 1,3\text{m}^2} = 1923 \text{ plantas} \quad [1]$$

Por consiguiente, la plantación tendría, aproximadamente, un total de 59.613 plantas.



1.6 NORMATIVA VIGENTE

Para la elaboración de este proyecto se ha tenido en cuenta la normativa vigente, a continuación, se muestran los artículos que afectan:

1.6.1 Renovables

- 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 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 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.

1.6.2 Regadío

- Ley 3/1987, de 8 de abril, sobre tierras de regadío.
- Real Decreto 287/2006, de 10 de marzo, por el que se regulan las obras urgentes de mejora y consolidación de regadíos, con objeto de obtener un adecuado ahorro de agua que palie los daños producidos por la sequía.
- Ley 6/2015, de 24 de marzo, Agraria de Extremadura.
- DECRETO 82/2016, de 21 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de ayudas a la mejora y modernización de regadíos en Extremadura.
- DECRETO 141/2021, de 21 de diciembre, por el que se regulan los usos y actividades compatibles y complementarios con el regadío en zonas regables de Extremadura declaradas de interés general de la Comunidad Autónoma de Extremadura, de la Nación o Singulares.
- Real Decreto 854/2022, de 11 de octubre, por el que se crean la Mesa Nacional del Regadío y el Observatorio de la Sostenibilidad del Regadío.

1.6.2 Medio ambiente

- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- Ley 5/2010, de 23 de junio, de prevención y calidad ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.
- Ley 16/2015, de 23 de abril, de protección ambiental de la Comunidad Autónoma de Extremadura.



1.7 CONCLUSIONES

Se han analizado los aspectos geográficos e históricos de la agricultura, las condiciones del terreno y sus posibilidades de cultivo y desarrollo posterior, así como el tipo de plantación que se quiere hacer en este Proyecto, revisando toda la normativa sobre el tema, se concluye eligiendo un modelo concreto de plantación, superintensiva, un árbol determinado priorizando sobre otros de características similares, arbequina y el marco plantación, 4x1,3m.



CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

En este capítulo se van a analizar las tecnologías necesarias para conseguir regar la plantación y llevar electricidad al cortijo.

Dado que el sistema de riego ha de llegar al pie de cada árbol necesitamos bombear el agua, se hará con la energía del sol. Se van a describir los tipos de bombas, especificando las de agua y sus condiciones.

En el siguiente punto se desarrolla el estudio de la aplicación Agronic, a través de la cual se van a programar los tiempos de riego, así como el uso de fertilizantes. Se explicarán también todos los elementos necesarios para el sistema de riego elegido, como manómetros, ventosas, válvulas, contadores, estación meteorológica y sensores, exponiendo todas las posibilidades que se pueden encontrar.

También se analiza en este capítulo la tecnología fotovoltaica, se parte del estudio de las conexiones a la red para seguir con la explicación de los tipos de paneles solares, la incidencia del sol sobre ellos y la estructura de las placas. Por último, se dedica al estudio de elementos como baterías, inversores y reguladores de carga, explicando todas las posibilidades que hay en el mercado.

2.1 BOMBEO SOLAR

En el sector agrícola y ganadero cada vez se está imponiendo más una energía más limpia y sostenible. Con los últimos acontecimientos el precio de luz de red y la gasolina ha subido mucho incrementando los costes. Por ello una alternativa más rentable y económica es la del bombeo solar. Por otro lado, se reduce la emisión de gases que causan el efecto invernadero.

Hay numerosas ventajas en usar este tipo de bombeo, como, por ejemplo, suponen un ahorro económico a la larga ya que, aunque la inversión inicial es grande, las placas tienen una vida útil de 25 años²⁵. Por otro lado, las placas apenas tienen mantenimiento, a diferencia de los generadores gasolina y diésel utilizados en este tipo de instalaciones que están sometidos a condiciones de trabajo muy duras las cuales suponen un coste muy alto en mantenimiento y reparaciones. Por último, como se ve en otro capítulo, es posible automatizar el riego y monitorizarlo con el ordenador o teléfono.



A continuación se muestra una tabla resumen de los diferentes tipos de bombeo:

Tipo de Bombeo	Solar	Red Eléctrica	Generador Diesel
Precio	0 €	0,12€/m3	0,15€/m3
Duración	25 años	Depende de la bomba	3-7 años
Mantenimiento	Casi nulo	Casi nulo	Periódico
Desventajas	Depende de las condiciones climatológicas	Aumento del precio de la luz	Mantenimiento constante y aumento del precio del carburante

Tabla 3: Características de los tipos de bombeo (Fuente: Toscano Solar¹², 2023)

2.1.1 Tipos de bombas

Dependiendo de la fuente de alimentación se pueden diferenciar dos tipos de bombas¹³:

2.1.1.1 Motobombas

La principal diferencia entre las motobombas y las bombas de agua se encuentra en el arranque. Esta clase de bombas funcionan con combustibles tanto gasolina como gasoil, no necesitan una fuente externa de corriente. Por lo general, se puede controlar tanto la potencia como la velocidad de bombeo mediante un acelerador. Se suelen utilizar en jardinería, aunque también las utilizan los equipos de emergencias como bomberos.

2.1.1.2 Electrobombas

Como su propio nombre indica, estas bombas se alimentan con corriente eléctrica. Según sus aplicaciones, hay diferentes tipos de bombas, en la agricultura se emplean principalmente las siguientes:

2.1.1.2.1 Bombas de agua de superficie

Este tipo de bombas se sitúan fuera del agua, están pensadas para bombear agua desde fuentes superficiales. El factor limitante en estas bombas es la profundidad máxima a la que pueden extraer, que son 8 metros. Si hay una avería en la bomba, su acceso es fácil, pero se suelen estropear más por condiciones climáticas, como tormentas eléctricas. Por último, son más ruidosas que las bombas sumergibles, aspecto a tener en cuenta ya que se quiere evitar la contaminación acústica¹².



2.1.1.2.2 Bombas de agua sumergibles

Son electrobombas sumergidas en el agua, accionadas con motor de imanes permanentes. El motor está sellado herméticamente para evitar que se dañe por el fluido. Se fabrican con materiales totalmente reciclables por lo que los recursos se conservan y son de bajo mantenimiento.

Este tipo de bombas tienen una vida útil más larga a la vez de mejores rendimientos, pudiendo aumentar hasta en un 15% eficiencia con el mismo tamaño. Esto supone una reducción del consumo de energía y, por consiguiente, un ahorro en los costes. Se calientan mucho menos al estar rodeados de líquido que permite refrigerarlos.

Los motores de imanes permanentes funcionan generando un campo magnético, giran a la frecuencia de alimentación. Este tipo de motores tienen una buena respuesta a los cambios de carga a la vez de una buena capacidad para las sobrecargas^{12,13,14,15}.



Figura 8: Bomba de agua sumergible (Fuente: Likitech, 2023)



2.1.2.2.3 Bombas dosificadoras

Este tipo de bombas se utilizan cuando no hay corriente eléctrica, van conectadas a una batería que previamente ha sido cargada mediante energía solar. Consumen corriente continua por lo que no es necesario un inversor. Se utilizará en el sistema de fertirrigación¹³.



Figura 9: Bomba dosificadora (Fuente: Mundoriego, 2023)

2.2 AGRONIC

Para gestionar el riego se va a utilizar Agronic¹⁸ que es un dispositivo electrónico que permite el control del riego, fertilización, regularización del pH, control del bombeo, la limpieza de filtros, la detección de averías y la tele gestión, ya sea vía móvil u ordenador. Usar esta tecnología supone grandes ventajas, a continuación, se desarrollan varias de ellas:

- En cuanto al riego, este dispositivo permite diferentes formas de regar, ya sea programarlo para que empiece y termine a una determinada hora o que riegue dependiendo del valor de los sensores. Gracias a los sensores que tienen los equipos, se pueden tomar medidas de viento, temperatura, humedad relativa o precipitación entre otros. Estas medidas sirven para determinar la suspensión o activación de riego en un determinado momento si es necesario. Por último, también se puede regular manualmente con la aplicación.



- Por otro lado, el otro componente que circula por las tuberías de riego es el fertilizante. Agronic también tiene control sobre estos, tanto el volumen a aplicar o el tipo de fertilizante que se utiliza, se pueden programar hasta ocho tipos. Una vez que se haya echado el fertilizante necesario, se puede limpiar automáticamente el sistema mediante inyectoros.
- Muy unido a los fertilizantes está el pH, si el valor medido no es igual al valor de referencia, se inyecta ácido o base en función de lo que se necesite.
- En referencia a los caudales, también se pueden variar dependiendo las necesidades, cada sector puede tener un caudal diferente.
- Por último, la aplicación guarda un histórico de las medidas tomadas, los riegos, fertilizantes usados, averías... lo cual es muy importante para tener un control exhaustivo de la instalación.

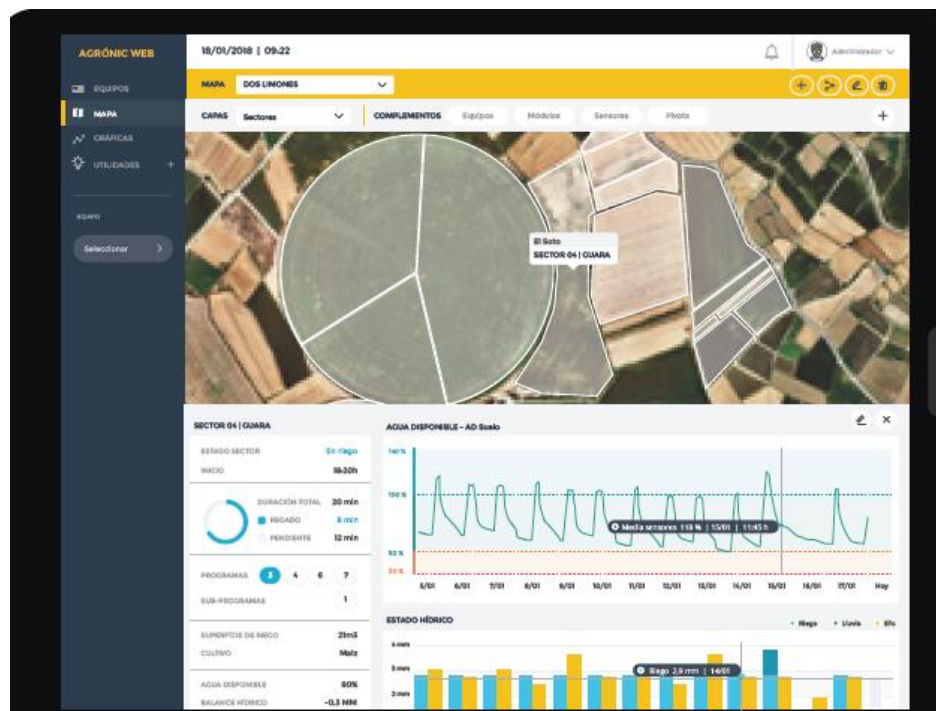


Figura 10: App Agronic (Fuente: Agronic, 2018)



2.2.1 Módulo Agronic Monocable (MAM)

Como se ha comentado anteriormente, Agronic¹⁸ es la aplicación, los módulos son los que se encuentran repartidos por la explotación y se conectan a Agronic mediante Enlace Agronic Monocable (EAM). El EAM es el responsable de enviar toda la información recopilada desde la instalación a Agronic y este al ordenador o móvil que manda y recibe órdenes y datos. Del EAM sale un cable bifilar al que están conectados todos los MAM.

El cable por el cual están conectados todos los módulos tiene una sección entre 1,5mm² y 2,5mm², el grosor va a depender tanto de la distancia que se vaya a recorrer como al número de módulos totales. El tipo de cable que se va a utilizar es RV-K, este cable es el usado en la mayoría de las instalaciones eléctricas, sus iniciales significan:

- R: El recubrimiento interno del cable es polietileno reticulado, es necesario para garantizar una baja capacidad mutua, ya que si esta es alta se reducirá el alcance.
- V: Hace referencia a la cubierta externa, en este caso, policloruro de vinilo, PVC.
- K: Se refiere a la flexibilidad del cable, se mide en una escala del uno al cinco donde la clase uno y dos son rígidos mientras que la clase cinco es flexibles.

Hay otros dos tipos de cables que se pueden utilizar que son RVMK y RVFK en los cuales M y F hacen referencia a:

- M: Cable compuesto por una armadura de alambres debajo de la cubierta externa.
- F: Cable con armadura de doble fleje de acero debajo de la cubierta externa.

Estos dos cables se utilizan cuando se necesita la protección del cable frente a posibles ataques de roedores o agresiones mecánicas. En esta instalación no es el caso ya que el cable bifilar se va a situar en la franja de la tubería. Se ha tomado esta decisión por varios motivos, uno de ellos es el alcance, los cables RVMK y RVFK tienen una mayor capacidad mutua y por lo tanto reducirá las prestaciones de alcance. En segundo lugar, no se necesita protección del cable ya que si se entierra no es probable que sufra mucho desgaste. Por último, el precio de los cables mencionados es superior al cable RV-K, y sin ser necesario otro tipo de protección no merece la pena este gasto extra.

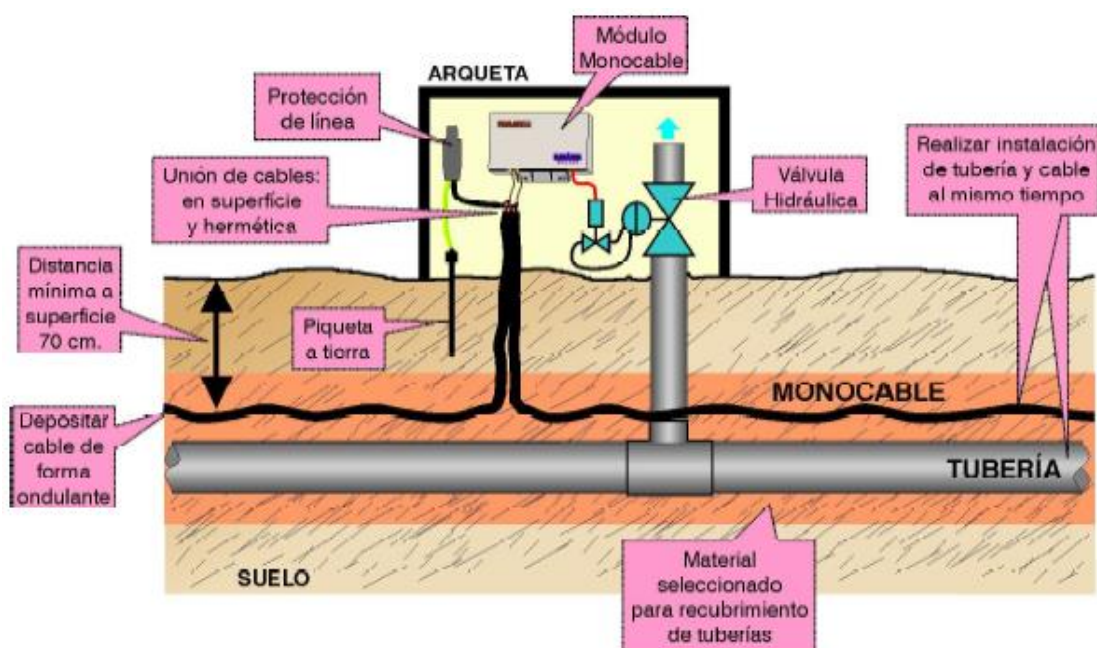


Figura 11:Esquema módulo monocable (Fuente: Agronic,2023)

2.2 ELECCIÓN SISTEMA DE RIEGO

En este tipo de plantaciones donde el desembolso inicial es grande se espera poder recuperar la inversión lo antes posible. Para ello el árbol debe entrar en producción lo antes posible. Las necesidades del árbol van a cambiar dependiendo de su edad. Aunque el olivo sea un árbol de clima mediterráneo y, por lo tanto, está acostumbrado a la sequía para este tipo de producción es necesario el regadío. Para obtener buenas cosechas en el olivar superintensivo es necesario regarlo.



A continuación se muestra una tabla que recoge las consecuencias de la falta de agua en cada fase natural del árbol:

Fase	Período	Efecto falta agua
Crecimiento de la planta	Anual	Reducción crecimiento y número de flores en la próxima campaña.
Desarrollo yemas florales	Febrero-abril	Reducción número de flores
Floración	Mayo	Reduce fecundación
Cuajado de frutos	Mayo-junio	Aumenta la vecería
Crecimiento fruto	Junio-cosecha	Disminuye tamaño de fruto
Generación de aceite	Julio-octubre	Disminuye contenido en aceite del fruto

Tabla 4: Consecuencias de la falta de agua en olivos (fuente: Elaboración propia a partir de Cultivo del Olivo, Orgaz y Fereres, 1999¹⁹)

El árbol debe estar hidratado todo el año, pero hay dos periodos claves que este deba tener agua, el primero de ellos comprende desde primeros de marzo hasta finales de junio, en esta fase se generan los brotes, la floración y el cuajado del fruto; la cosecha se va a ver determinada por este momento. El otro momento clave en el que el olivo debe tener agua es a partir de principios de septiembre ya que hasta la cosecha son los meses en los que más aumenta el rendimiento graso de aceite en el fruto.

En el olivar superintensivo el árbol está expuesto a mucha radiación solar, para saber cuándo regar se va a utilizar la metodología propuesta por The Food and Agriculture Organization (FAO)²⁰, en ella se recomienda regar en los momentos en los que la diferencia entre la evapotranspiración (ETc) es mayor a la lluvia efectiva (Pe), es decir, la precipitación aprovechada por las plantas.

El riego se va a realizar mediante mangueras con goteros, dado que la distribución de los árboles en filas hace que sea muy fácil instalar este tipo de riego. Las mangueras que se van a utilizar como se va a comentar más adelante tienen los goteros integrados y auto compensantes, se va



a procurar que el goteo no se encuentre justo en el árbol sino a aproximadamente 25cm para que en los primeros años de la plantación el árbol pueda enraizar bien.

Las ventajas de este método de riego con respecto a otros es que se aprovecha mucho mejor el agua, vital en los años de sequía, se puede ahorrar entre un 40% y un 60% con respecto a otros sistemas²¹. Por otro lado, los fertilizantes se le pueden aportar directamente a la planta por medio del agua permitiendo que llegue más fácilmente a la raíz. Aunque los costes son altos y se necesitan filtros de mejor calidad para evitar impurezas que puedan atascar las tuberías, se incrementan las producciones y la calidad de los cultivos. Por último, al estar el agua en puntos más concentrados no nacen tantas malas hierbas lo que reduce la mano de obra en caso de tener que quitarlas para que no quiten la alimentación a la planta³⁵.

Los componentes de la instalación de riego por goteo son:

- El primero de ellos es en el caso de este Proyecto la balsa, esta permite almacenar el agua para después bombearla a la tubería principal.
- El segundo es el cabezal de riego que está compuesto por la bomba de riego, que se dimensionará más adelante, los filtros, en este Proyecto se van a utilizar filtros automáticos de arena y malla, y de válvulas entre otros elementos.



Figura 12: Esquema instalación de bombas (Fuente: Prakor, 2023)

- El siguiente componente es la red de riego formada por las tuberías que distribuyen el agua desde el cabezal de riego hasta los emisores. Está compuesta por tuberías



principales, secundarias y terciarias o porta goteros, a su vez, hay otros elementos de control como válvulas, manómetros entre otros.

- Por último, los emisores, también llamados goteros y son los que proporcionan el agua y los fertilizantes a las plantas.

2.3 ELEMENTOS SINGULARES DE RIEGO

La instalación debe contar con diferentes elementos que aseguren el correcto funcionamiento de todo²³.

2.3.1 Manómetros

Este elemento mide la presión de los fluidos que se encuentran en recipientes cerrados. Todos los que se van a utilizar en este Proyecto son de la empresa Copersa. En esta instalación se van a utilizar de diferentes tipos según su ubicación:

2.3.1.1 Manómetro Murphy Swichgage diferencial de presión

Como su nombre indica mide la presión diferencial entre dos puntos, hay dos modelos, que pueden medir de 0-1bar o 0-2 bar. Este elemento se va a utilizar en el cabezal de filtrado, su cometido será la limpieza de filtros. Cuando haya presión diferencial significará que los filtros se deben limpiar. El manómetro también funciona como elemento de seguridad ya que a partir de un determinado valor cierra automáticamente el circuito mediante una señal eléctrica²³.



Figura 13: Manómetro diferencial (Fuente: Copersa³⁶, 2023)

2.3.1.2 Manómetro de glicerina

Este aparato se utiliza fundamentalmente en instalaciones de riego por goteo o aspersión. En su interior hay glicerina que amortigua contra cargas dinámicas y vibraciones. Se van a usar en varios puntos de la instalación, y dependiendo del punto se necesitarán de un calibre u otro. La



presión de medición puede oscilar entre 0 y 16 bar. A continuación, se muestra una imagen del aparato²³.



Figura 14: Manómetro de glicerina (Fuente: Copersa, 2023)

2.3.2 Ventosas

Este elemento sirve para extraer el aire que queda atrapado en las tuberías ya que este podría causar daños en la instalación. Estas se suelen colocar en los puntos más altos de la instalación, donde cambia la sección de la tubería, en los lugares donde haya cambios de pendiente y en tramos rectos se recomienda colocarlas cada 500m o 1000m. Se van a utilizar al igual que los manómetros, de la empresa Copersa. En esta empresa hay tres tipos de ventosas:

2.3.2.1 Ventosa bifuncional automática

Las ventosas bifuncionales se utilizan para el llenado y vaciado de la tubería. Es capaz de expulsar el aire que circula a gran velocidad cuando la tubería se llena. La ventosa mantiene la presión atmosférica durante el drenaje introduciendo aire de tal manera que se evita la cavitación y el golpe de ariete.

En la siguiente imagen aparece como funciona la ventosa. En primer lugar, se llena la tubería de agua y el aire se va colocando en la parte superior. Cuando llega a cierto valor de aire, el flotador se desplaza hacia abajo para que este salga, una vez ha salido, se cierra²³.

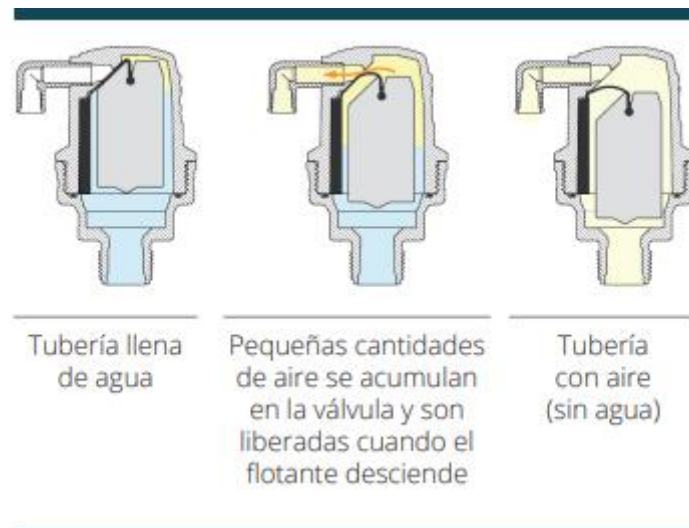


Figura 15: Bomba Bifuncional Automática (Fuente: Copersa, 2023)

2.3.2.2 Ventosa Cinética

Las ventosas cinéticas mantienen la presión atmosférica para evitar que el sistema sufra daños. Expulsan e introducen aire cuando es necesario.

A continuación, se muestra este tipo de ventosa. Cuando el circuito se llena de agua a las ventosas llega el aire a gran velocidad. En ese momento, se cierra el flotador para evitar sobrepresión. Cuando la tubería se descarga, el flotador baja inyectando aire en la tubería para evitar depresión en la tubería²³.

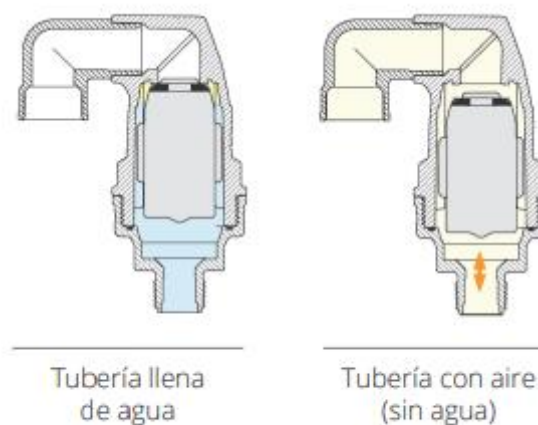


Figura 16: Ventosa Cinética (Fuente: Copersa, 2023)

2.3.2.3 Ventosa trifuncional

Las ventosas trifuncionales tienen las mismas características de llenado y vaciado de la tubería que las ventosas bifuncionales, pero, además con ellas se pueden eliminar las burbujas de aire que se generan por el movimiento del fluido.

Al igual que con las ventosas anteriores se muestra a continuación su funcionamiento. En primer lugar, cuando el sistema se llena, el flotador se eleva sacando el aire para evitar que se produzca sobrepresión. Según va circulando el agua, el aire se va acumulando en la parte superior y cuando llega a cierto nivel, el flotador baja para que este pueda salir. Por último, cuando se vacía la tubería, se introduce el aire para evitar depresión en la tubería²³.

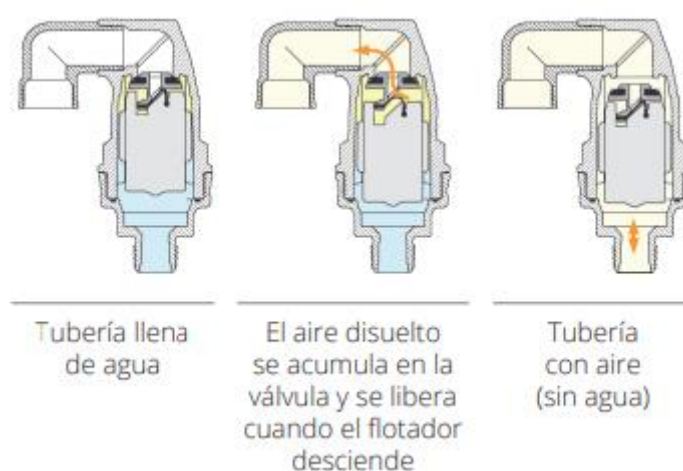


Figura 17: Ventosas Tridimensionales (Fuente: Copersa, 2023)

En la instalación se usarán ventosas de doble efecto. Se colocarán al final de las tuberías secundarias justo antes de la válvula. También habrá en el cabezal de riego y en los puntos en los que haya cambios de pendiente.

2.3.4 Válvulas

En la instalación se van a colocar distintos tipos de válvulas según su ubicación.

2.3.4.1 Válvula para productos químicos

Este tipo de válvula está especialmente especializada para fluidos químicos, en este Proyecto corresponde a los fertilizantes. Están compuestas por plásticos y juntas de Vitón, material muy resistente a la corrosión. Esta característica supone una gran ventaja con respecto al mantenimiento ya que no hay partes sensibles en contacto con el fluido que se puedan dañar, por lo tanto, no es necesario mantenimiento³⁷.



La válvula se puede abrir de forma hidráulica o eléctricamente por medio de un solenoide. Se va a elegir esta última opción para poder suministrar el fertilizante de forma remota mediante la aplicación Agronic.



Figura 18:Válvula para productos químicos (Fuente: Amiad,2023)

2.3.4.2 Electroválvula reductora de presión

Estas válvulas se utilizan para mantener la presión constante aguas abajo independientemente de lo que ocurra con el caudal. Esta válvula lleva un solenoide que permite abrir o cerrar la válvula cuando se necesite. Además, lleva incorporado un tornillo que permite regular la presión aguas abajo. Por último, también cuenta con un manómetro para medir la presión.

Estas válvulas se van a situar en las tuberías secundarias en el cabezal de cada sector. Se conectarán a la aplicación de Agronic y desde ella se activará o desactivará el riego de cada sector según corresponda.



Figura 19:Electroválvula Reductora (Fuente: Cristóbal Cansado S.L.,2023)



2.3.4.3 Válvula de retención

Este tipo de válvulas permiten el flujo del agua en un solo sentido. Se utilizan para evitar el golpe de ariete una vez se cierra la válvula hidráulica. Principalmente se utilizan para mantener la presión adecuada en la tubería²⁵.



Figura 20: Válvula de retención (Fuente: MundoRiego, 2023)

2.3.5 Contadores

El contador se utiliza para medir el caudal de agua que pasa por una tubería. Tienen en su interior una turbina que gira cuando el agua pasa, de tal manera que se obtiene la velocidad del agua, y, junto con la sección de la tubería, se calcula el caudal. Hay contadores de emisor de pulsos que envían automáticamente las medidas tomadas por el contador. Mediante una señal digital donde 0 significa que no hay pulso y 1 que sí, se envían las señales a un ordenador, que calcula el volumen de agua utilizado según el número de pulsos recibidos.

Se van a utilizar contadores de tipo Woltmann ya que tienen un amplio rango de diámetros de 50-300mm.

En la instalación se van a usar dos contadores, el primero de ellos irá colocado detrás del filtro de arena y medirá el caudal de agua en m³/hora. El segundo controlará el fertilizante, dado que se necesita más precisión que con el agua, medirá el caudal en l/hora. En la siguiente imagen aparece un contador de pulsos y el cable emisor que va conectado al Agronic.



Figura 22: Contador de pulsos (Fuente: Cristóbal Cansado, 2023)



Figura 21: Cable emisor (Fuente: Cristóbal Cansado, 2023)

2.3.6 Estación meteorológica y sensores

Hay varios elementos que se deben añadir a la instalación y que se usan actualmente para optimizar la plantación, ya que dos de los factores principales que hay que economizar son el gasto de luz y de agua. Al ser una instalación que depende de la energía solar se deben tener en cuenta aspectos como: climatología, humedad o luz en un momento determinado. Ocurre algo parecido con el agua, es un recurso limitado y depende en gran medida de la Confederación Hidrográfica del Guadiana, aunque la balsa tiene dimensiones para que no haya escasez de agua, se debe optimizar este recurso ya que puede ser limitado sobre todo en época de sequía. Para ello se necesitan diversos sensores:

Este elemento cuenta con sensores que permiten medir la pluviometría, la humedad relativa y la temperatura ambiente a un metro del suelo. El pluviómetro manda de forma inalámbrica, a la plataforma correspondiente, información sobre el inicio y final de la precipitación y la cantidad de agua que ha caído en un determinado tiempo. Esta tecnología permite adaptar el riego a las necesidades de la planta dependiendo del agua de la lluvia.

Otra medida que aporta este tipo de sensores es la de la humedad relativa en el ambiente, esta información es de gran importancia ya que puede cambiar la estrategia de riego dependiendo del valor de esta. Los valores extremos son malos en ambos casos, con una humedad alta la planta transpira menos y causa que absorba menos agua y nutrientes, en el caso contrario, con una humedad relativa baja la evapotranspiración aumenta por lo que haría falta regar más. En la proliferación de diversas enfermedades de las plantas la humedad es un factor fundamental.



Por último, la función de termómetro también es de vital importancia a la hora del riego ya que tiene una relación directa con la evaporación. A su vez puede servir para la previsión de heladas.

En la imagen siguiente se muestra una clase de estación meteorológica:



Figura 23: Estación meteorológica (Fuente: Cristóbal Cansado, 2023)

2.4 TECNOLOGÍA FOTOVOLTAICA

En los últimos años las energías renovables han ido obteniendo más protagonismo en el sector eléctrico. Este incremento, se debe principalmente a la lucha contra el cambio climático y más concretamente contra energías no renovables como el carbón o la nuclear. Aunque se cierren este tipo de centrales, al tener todo el sistema de transporte y distribución de electricidad construido en la península la inversión inicial no es tan elevada.

En España, la primera gran planta fotovoltaica se construyó en 1984, y desde ese año los parques solares no han parado de incrementarse en toda la península. De ese modo, en 2006 comenzó a tener un porcentaje significativo en la energía generada en España, aunque no fue hasta 2019 cuando volvió a incrementar la generación solar de forma significativa. El motivo fue que se publicó un Real Decreto (RD 244/2019, 5 de abril) en el cual se regulaba las condiciones de la energía generada para autoconsumo. En la siguiente gráfica se puede apreciar como los valores de generación entre 2017 y 2018 no presentan apenas cambio mientras que a partir de 2019 evoluciona linealmente.

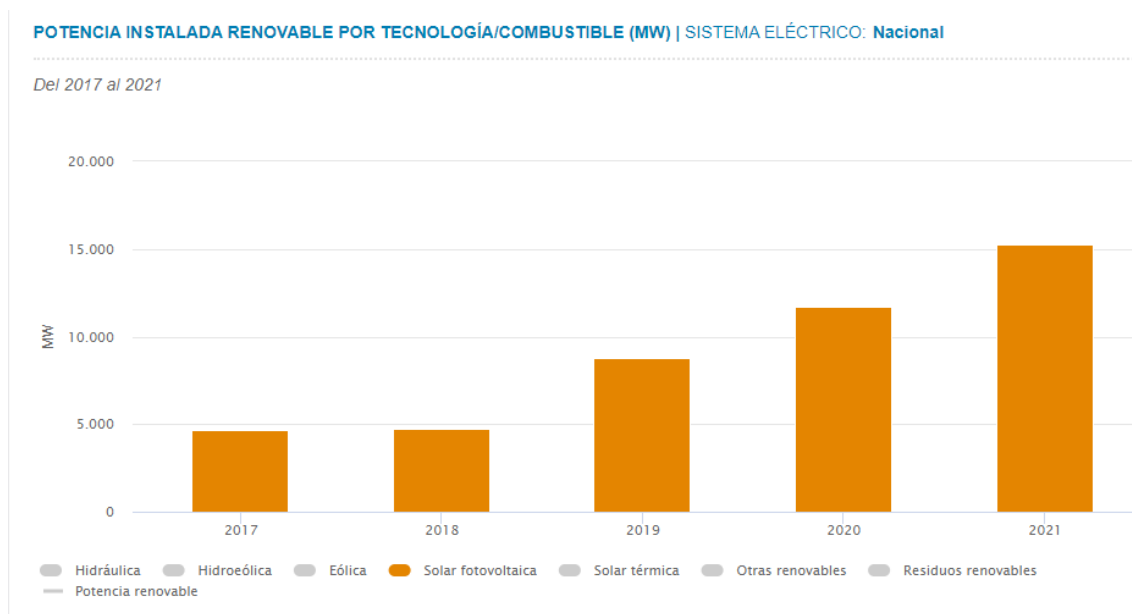


Figura 24: Potencia instalada solar fotovoltaica en España (Fuente: REE²⁶, 2022)

Aunque España tiene una gran red de transporte, hay zonas donde la red de distribución no llega, principalmente a zonas rurales y más en concreto despobladas. En estas zonas, las instalaciones solares o eólicas suponen un gran beneficio ya que no conllevan apenas obra de montaje y tampoco tienen casi mantenimiento.

En último lugar, la guerra de Ucrania también ha favorecido la apuesta de renovables ya que la subida de combustibles y materias primas ha provocado un incremento considerable del precio de la electricidad. Esto ha ocasionado que numerosas empresas y particulares apuesten por el autoconsumo ya que a largo plazo hoy en día es más rentable en muchos casos.

2.4.1 Tipos de instalaciones fotovoltaicas según su conexión a red

Los sistemas fotovoltaicos se pueden dividir en dos grupos dependiendo de su conexión a red. El primero de ellos se da cuando el sistema es independiente de la red y el segundo se da cuando la instalación está conectada a esta. Aunque difieren en términos de administración de energía, tienen el mismo objetivo de proporcionar y minimizar los costes del consumo eléctrico²⁷.

2.4.1.1 Sistema aislado o autónomo de energía eléctrica

Es aquel, como se ha mencionado antes, el que no está conectado a la red eléctrica. Esta instalación suele estar formada por los paneles solares que toman energía del sol y baterías que almacenan la energía generada.

A su vez, se pueden encontrar reguladores de carga que tienen el objetivo de controlar el estado de carga de la batería para garantizar su llenado óptimo y prolongar su vida útil.



Por último, otro elemento necesario es el inversor que convierte la tensión continua generada en las placas en tensión alterna.

Estas instalaciones se encuentran principalmente en zonas rurales donde no es posible la conexión a red, o simplemente zonas aisladas donde no llega la red. A la hora de su dimensionamiento hay que tener en cuenta el consumo de energía previsto, sobredimensionándolo para evitar que las baterías se sobrecarguen. Otro factor importante a tener en cuenta es la ubicación ya que, dependiendo de la zona donde se sitúe la radiación solar va a variar.

Este sistema tiene múltiples beneficios, como, por ejemplo, que, aunque la inversión inicial es importante, una vez se hace no hay que volver a pagar, el mantenimiento es mínimo y no requiere personal especializado. Este tipo de instalaciones permiten gran versatilidad ya que siempre que haya espacio se pueden ampliar o modificar la instalación permitiendo aumentar potencia. Por otro lado, es amigable con el medio ambiente ya que no emite ni químicos ni gases que afectan a la capa de ozono, además los paneles tienen una vida útil de quince a veinte años incluso algunos tipos específicos hasta treinta años.

Como desventaja cabe destacar que se depende de los agentes climatológicos a la hora de generar por lo que conviene tener otra fuente de generación disponible en caso de muchos días nublado²⁸.

2.4.1.2 Sistema conectado a Red

Como su nombre indica, la instalación fotovoltaica está conectada a la red. Esta instalación permite inyectar en paralelo energía a la red o cogenerar electricidad.

Este tipo de instalación da solución al problema fundamental del otro tipo de sistema, si en algún momento no se genera suficiente energía, la red inyecta la energía que falte. Por otro lado, no se desperdicia energía ya que si las baterías están cargadas la electricidad sobrante se inyecta en la red. Permitiendo la complementariedad con la red.

Como desventaja es necesario remarcar que nunca se es totalmente independiente de la red, ya que el dimensionamiento se ha realizado teniendo en cuenta a la red. Por otra parte, sigue habiendo un gasto mensual en energía independientemente de la inversión inicial²⁸.

2.4.2 Paneles Solares

Los paneles solares son dispositivos que capturan la energía proporcionada por el sol y la convierte en electricidad. Están compuestos por celdas solares, que incluyen celdas solares



individuales hechas de materiales semiconductores como el silicio (cristalino y amorfo) que convierten la luz (fotones) en energía eléctrica (electrones). El silicio es un material semiconductor que puede convertir los fotones de luz en electrones para permitir el flujo de electricidad.

Los paneles solares son dispositivos que utilizan la radiación solar para generar energía.

En un panel solar la celda solar se comporta como una batería cuando se expone al sol. Cada celda tiene dos capas semiconductoras, positiva y negativa. Cuando estas se exponen a la radiación solar y se calientan, provoca que se separen los electrones, y se produce un intercambio de electrones, creando un campo eléctrico o efecto fotoeléctrico. Esto luego pasa a ser electricidad.

Estos paneles están conectados a baterías que almacenan la electricidad producida y utilizan su carga. Un panel solar consta de células fotovoltaicas (PV) que convierten la luz solar en corriente continua (CC) durante el día^{29,30,31,32}.

2.4.2.1 Tipos de paneles solares

Todos los módulos solares del mercado actual están hechos de células de silicio, el segundo elemento mineral más abundante en la corteza terrestre extraído en forma de cuarzo o similar.

Según el proceso por el cual se transforma el silicio para los paneles, se pueden obtener dos tipos de células, monocristalinas o policristalinas. A partir de estas células se pueden obtener distintos tipos de paneles con características comunes.

El primer paso para la obtención de las células es la extracción del silicio de piedras de cuarzo (formadas fundamentalmente por sílice). El silicio se obtiene mediante procesos químicos. Una vez se tiene este componente se funde para que después cristalice, en este paso es donde dependiendo del tipo de célula que se quiera se debe realizar de una manera u otra. Las células monocristalinas cristalizan en forma de cilindro mientras que las policristalinas lo hacen en forma de cuadrado. Como su nombre indica, los policristalinos están formados por pequeños monocristales que pueden tener distintas formas, tamaños y orientación. Una vez ha cristalizado el material, se procede a corte de este y obtención de láminas.

Las células policristalinas no se cortan, ya que se vierte directamente en el molde después de fundirlo. Por último, cuando se tengan las obleas, se recubren por dos semiconductores, el fósforo, para crear la cara N y boro para la cara P.



En cuanto a la cara de la placa que recibe radiación solar, se coloca un enrejado metálico que recogerá los electrones que se desprenderán. En la otra cara, se añade una placa metálica para que distribuya los electrones de vuelta a la celda cuando ya hayan recorrido el circuito del módulo solar.

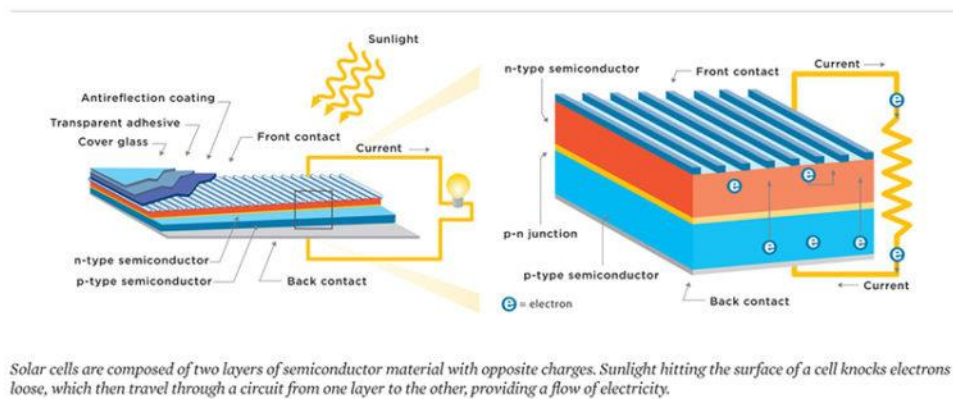


Figura 25:Funcionamiento paneles solares (Fuente: Bingsolar,2023)

Los paneles solares pueden ser monocristalinos, policristalinos o células amorfas.

2.4.2.1.1 Paneles monocristalinos

Este tipo de paneles se caracteriza por su eficiencia, el material es más puro ya que no es necesario fundirlo para ponerlo en el molde de tal manera que no adquiere impurezas. El material a solidificado a una temperatura homogénea lo que otorga mejor rendimiento del panel ya que los electrones pueden moverse con más libertad por el panel. A bajas temperaturas, cuando la radiación es difusa, se comportan mejor estos paneles, no obstante, a altas temperaturas se comportan de la misma manera.

Estos módulos se recomiendan para zonas donde el espacio es limitado ya que se puede obtener más potencia con un menor número de placas. Por otro lado, se recomiendan también en zonas residenciales por el aspecto estético, ya que, al ser de color negro uniforme, se adaptan mejor visualmente a las cubiertas. Los precios de este tipo de placas suelen ser superiores que los policristalinos, pero tienen una capacidad mayor de producción y a pleno rendimiento, el tiempo de vida también es mayor.

2.4.2.1.2 Paneles policristalinos

Cristales con diferentes orientaciones y se pueden distinguir de los monocristalinos porque los primeros tienen un color azulado. Son menos costosos que el otro tipo pero esto repercute de forma negativa en el panel ya que el material tiene impurezas que influyen disminuyendo su eficiencia y rendimiento.



A altas temperaturas, el rendimiento mejora haciéndolo muy parecido al de los paneles monocristalinos, esto se debe a que tienen mejor resistencia al sobrecalentamiento. Dado que pueden absorber el calor más rápido, se suelen utilizar en lugares cálidos.

Hay otra clasificación que se pueden hacer en los paneles, monofacial o bifacial.

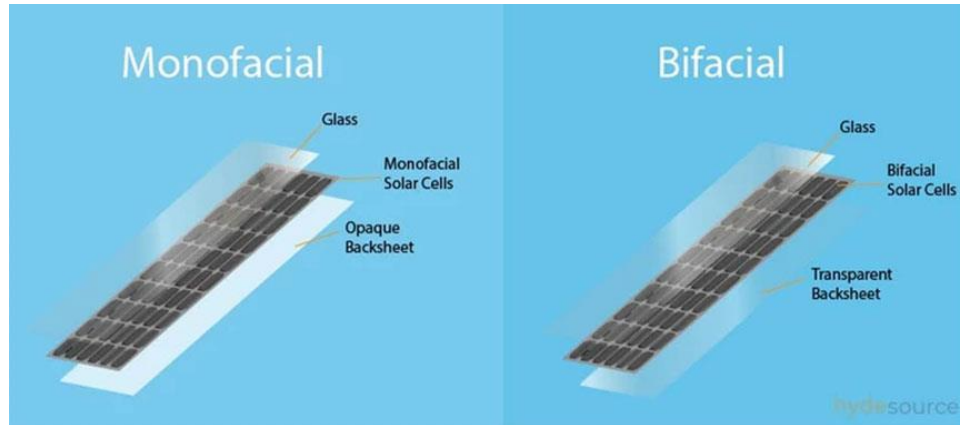


Figura 26: Paneles Monofaciales y bifaciales (Fuente: Mbt energy, 2023)

2.4.2.1.3 Monofaciales

La principal diferencia es si los paneles pueden absorber radiación por una o por las dos caras. Los paneles monofaciales son los más extendidos, solo absorben la luz por la cara superior, en cambio, los bifaciales absorben también la radiación reflejada en la tierra. Aproximadamente, la producción aumenta entre un 5%-30%²⁹ con respecto a los monofaciales. El problema es que necesitan una estructura especial de montaje para poder maximizar las horas de luz en ambas caras. Este tipo de paneles se colocan en superficies que reflejan bien la luz, como por ejemplo superficies blancas o una zona donde haya nieve.

2.4.2.1.4 Bifaciales

Los paneles bifaciales son más nuevos en el mercado y tienen grandes ventajas como por ejemplo que son más duraderos y a que está formado por cristal templado que soporta mejor las altas temperaturas y el viento. La vida útil de estos se encuentra en torno a los 30 años mientras que en los monofaciales se estima alrededor de 25 años²⁹.



A continuación se muestra una tabla resumen comparando los dos tipos de paneles:

Tipo de Módulo	Bifacial	Monofacial
Costes Iniciales	10% superior	Menor
Peso	Pesado	Ligero
Costes Instalación	Altos	Bajos
Flexibilidad	Baja	Alta

Tabla 5: Características de los paneles (Fuente: Elaboración propia)

2.4.3 Ángulos

A la hora de colocar las placas se tienen en cuenta dos ángulos, el azimut y la inclinación.

2.4.3.1 Azimut

Este es el ángulo de orientación con respecto a la coordenada sur en sentido horario positivo (hacia el oeste), es decir, -90° representa el este y 90° el oeste. Para maximizar la captación de rayos solares se recomienda azimut 0° . En el caso de que esto no sea posible, la segunda mejor orientación es suroeste y, por consiguiente, la siguiente es sureste. Se recomienda que en ningún caso se elija dirección norte ya que la captación disminuye mucho y podría hacer que la instalación no fuera rentable²⁹.

2.4.3.2 Inclinación

La inclinación de los paneles es un factor importante para considerar ya que la eficiencia de los paneles puede depender en gran medida de esta posición. Este ángulo puede variar dependiendo de cuando se quiera la máxima eficiencia, en verano o en invierno. Si se va a consumir más en verano y, por lo tanto, se tiene que generar más, se recomienda menos inclinación que si se quiere maximizar la generación en invierno. El ángulo de inclinación de los paneles solares en España se recomienda que se encuentre entre 20° y 40° . Existen unos tipos de paneles que varían la inclinación según la posición del sol, son paneles tracker, pero el uso de estos paneles se restringe a parques solares porque su coste es alto²⁹.

2.4.4 Estructura de las placas

Muy ligado al apartado anterior, está la estructura de las placas ya que dependiendo de las necesidades se colocarán de una forma u otra. En primer lugar, las estructuras³⁴ deben ser resistentes a los cambios bruscos de temperatura, a fuertes vientos y deben ser de material



resistente al paso del tiempo ya que las placas se calcula que tienen una vida útil de 25 años, su estructura debería durar lo mismo.

Existen muchos tipos de estructura según el lugar de colocación de las placas: estructuras para cubierta metálica, para teja, para suelo, para pared o estructura elevada entre otros. Cada una de ellas está diseñada para adaptarse de la mejor manera a las condiciones impuestas. Todas ellas fabricadas en aluminio de tal manera que no pesen mucho y sea resistente a la corrosión, en cuanto a la tornillería, es en acero inoxidable para evitar la degradación del material.

Por último, hay otro tipo de estructuras que son de hormigón, se usan en superficies planas y horizontales normalmente en el suelo porque el principal factor limitante en este tipo de estructuras es el peso. No son tan ligeras como las estructuras de aluminio y, por ello, no hay que perforar la cubierta donde se sitúen, su propio peso hace que no vayan a salir volando o se muevan. Además, su montaje es fácil ya que únicamente hay que colocarlos en la ubicación deseada y atornillar las placas encima. La inclinación que permiten estos paneles oscila entre 10º y 34º.

2.5 ELEMENTOS SINGULARES FOTOVOLTAICOS

2.5.1 Baterías

La finca está aislada eléctricamente, no se tiene red general de respaldo por eso es fundamental el uso de las baterías. Las que se van a usar en este proyecto son las baterías de Litio, pero a continuación se va a comentar las características principales de los cuatro tipos fundamentales de baterías que se usan en instalaciones solares.

Hay dos conceptos característicos en las baterías que se van a mencionar en los siguientes párrafos, son los ciclos y el límite de descarga. Cada ciclo es el consumo del 100% de la batería, este consumo no tiene por qué ser ininterrumpido, es decir, en el caso de que se gaste el 50% y luego se cargue, cuando se consuman los 50% restantes se habrá cumplido un ciclo. El límite de descarga es la máxima cantidad de energía que la batería permite extraer, si se consumiera más energía la batería podría dañarse.²⁹

2.5.1.1 Baterías AGM

Las baterías AGM (Absorbent Glass Mat) están formadas por una fibra de vidrio absorbente. No necesitan nada de mantenimiento, ni si quiera ser rellenadas por agua oxigenada. A parte de instalaciones solares se puede usar en motos debido a que son a prueba de fugas y, por lo tanto, tienen muy buena resistencia a las vibraciones y no ocurre nada si se inclina. Se recomienda para



instalaciones que tengan una elevada intensidad de descarga, aunque su vida útil es corta, 1000 ciclos. Por último, el límite de descarga es del 60%.

2.5.1.2 Baterías de gel

Las baterías de gel están formadas como su propio nombre indica por un electrolito gelificado y están totalmente selladas, al igual que las baterías AGM, para evitar fugas en caso de inclinarse. Se recomienda esta clase de elemento para instalaciones aisladas ya que no necesitan mantenimiento y, además, tienen una buena garantía de funcionamiento y durabilidad. En lo referente a su vida útil, pueden llegar a los 1500 ciclos y de la misma manera que las baterías AGM, su límite de descarga es del 60%. El inconveniente que presentan es que los consumos deben ser medios o bajos.

2.5.1.3 Baterías de plomo ácido

Las baterías de plomo ácido están formadas por una disolución de ácido sulfúrico con agua oxigenada que junto con el plomo generan la diferencia de potencial. Este tipo de baterías ha sido el más utilizado en instalaciones solares ya que son aparatos muy asequibles y tienen un gran rendimiento. De todas maneras, aunque sigue ganando a las baterías de Litio en el precio, cada vez son más las desventajas con respecto a esta última. Su uso se suele dar en instalaciones de gran consumo y se pueden usar en montajes aislados, aunque es necesario cierto mantenimiento. Con respecto a las dos clases de baterías ya explicadas, tiene mejor vida útil, 3000 ciclos, aunque su límite de descarga no mejora, sigue siendo del 60%⁴³. Por último, la huella de carbono es mayor en este tipo de baterías que en las de litio.

2.5.1.4 Baterías de Litio

Las baterías de Litio actualmente se encuentran en la mayoría de los aparatos electrónicos que nos rodean, ya sea en teléfonos o en coches eléctricos. Su uso se ha incrementado debido a que, hoy en día son las baterías que cuentan con más eficiencia y durabilidad del mercado.

En cuanto a su uso en instalaciones solares, se suelen utilizar en instalaciones con gran consumo o aisladas ya que tienen una gran vida útil, aproximadamente 6000 ciclos, además, no requieren mantenimiento y el límite de descarga es del 90%⁴³.

Hay otras ventajas que merece la pena destacar como el tiempo de carga y descarga es menor que con otra clase como por ejemplo las de plomo ácido. Esto se debe a que el Litio tiene mayor voltaje (3.16V) que el plomo (2V), por ello, las baterías de litio necesitan menos corriente para generar la misma potencia y en consecuencia tardan menos en cargar. Con respecto a las baterías



de plomo ácido presenta otra gran ventaja, se trata de la densidad de energía por unidad de peso que pueden almacenar, las de litio permiten acumular hasta el triple, permitiendo una reducción en el tamaño de las baterías.

Este tipo de baterías tienen dos inconvenientes con respecto a las otras. Uno de ellos es el precio, dado que, aunque a medida que han ido evolucionando los precios se han ido haciendo más asequibles, siguen siendo más caras que el equivalente en baterías de plomo-ácido. El otro inconveniente es que se necesita incorporar otro elemento, el Battery Managment System (BMS). En la batería se producen inestabilidades debido a la tensión y temperaturas de las celdas, por ello es necesario el BMS que se encarga de evitar que la batería se sobrecargue y descargue del todo para poder prolongar la vida útil y poder seguir de cerca el estado de la batería. El uso de este aparato permite tener un control más preciso de la batería y en caso de fallo o malas condiciones de funcionamiento desconecta la batería asegurando de esta manera la seguridad.

2.5.2 Inversor

Elemento fundamental en una instalación solar ya que transforma la tensión de entrada procedente de las placas en corriente continua en corriente alterna con la magnitud y frecuencia que se desea.

Los inversores se definen con tres características, la potencia máxima que pueden dar, la tensión de salida que va a las baterías y su rendimiento. Este último es la relación que hay entre la potencia de entrada (potencia aportada por los paneles) y la potencia de salida.

A la hora de dimensionar el inversor de una instalación fotovoltaica aislada, hay que tener en cuenta dos valores, la potencia pico de los paneles y la potencia de la batería. En cuanto a los paneles, la potencia del inversor tiene que ser mayor a la suma de las potencias picos de los paneles. Por otro lado, para conseguir una máxima eficiencia con las baterías, lo ideal es que el inversor tenga el doble de potencia que las baterías.²⁹

2.5.3 Regulador de carga

Este elemento es fundamental en la instalación cuando las baterías tienen tensiones de 12 o 24 voltios, sirve para controlar la carga y descarga de las baterías. Hay dos clases principales, pueden ser reguladores PWM o reguladores de carga MPPT. En el apartado de las baterías se le ha mencionado como BMS.

Los reguladores deben estar instalados entre las placas solares y las baterías, muchos inversores tienen esta tecnología incorporada.³⁵



Figura 27: Regulador de carga (Fuente: Victron energy,2023)

2.6 CONCLUSIONES

Tras el estudio y análisis de todos los elementos necesarios para la producción de energía, se han seleccionado aquellos elementos que se consideran los más idóneos para el Proyecto, teniendo siempre en cuenta las condiciones del terreno y la climatología. En la instalación de regadío se van a utilizar dos tipos de bombas, sumergibles y dosificadoras. Por otro lado los paneles elegidos son los monocristalinos, para terminar, las baterías serán de litio.



CAPÍTULO III: INSTALACIÓN DE REGADÍO

En el primer apartado se han estudiado las necesidades hídricas para determinar la cantidad de agua necesaria para el riego. Se han valorado dos factores: la evapotranspiración y la precipitación. Los datos de estos factores se han buscado en un lugar cercano a la ubicación del Proyecto para acercarnos lo más posible a la realidad.

Gracias a las necesidades hídricas se ha calculado el tiempo de riego, desarrollado en el segundo apartado, las dimensiones requeridas para la balsa de acumulación y los sectores de riego necesarios.

El agua ha de ser filtrado para evitar la obstrucción del sistema, el apartado cuarto explica los posibles filtros a utilizar, así como el motivo del elegido. Estos filtros deben ir dentro de una caseta de la cual se han calculado las dimensiones necesarias.

Se dimensionan también los depósitos de fertilizantes, las bombas que necesitan, el sistema de tuberías, con el cual se estudian las pérdidas de carga necesarias para calcular la potencia necesaria de la bomba.

3.1 NECESIDADES HÍDRICAS

Para poder dimensionar la instalación de riego es necesario estudiar las necesidades de agua de la planta, para ello se van a analizar dos variables, la evapotranspiración y la precipitación. Los datos de las tablas de esta sección se han obtenido de REDAREX³⁶, un portal extremeño que recoge las medidas climatológicas de varios puntos de la comunidad que son significativos. Dada la localización de la finca, los datos tomados son de Don Benito, población con datos más cercana al lugar.

3.1.1 Introducción Evapotranspiración

La primera variable a estudiar es la evapotranspiración, este fenómeno se compone de dos procesos, la pérdida de agua de las superficies debido a la evaporación directa y la pérdida de agua debido a la transpiración de las plantas. Por lo tanto, para estudiar las necesidades hídricas de la planta hay que calcular este valor y se debe ser lo más preciso posible ya que de este valor depende el correcto desarrollo de la planta.

La evapotranspiración del cultivo se deducirá con la siguiente fórmula²⁰:

$$ET_C = ET_O \cdot K_C \cdot K_l \cdot K_{cl} \cdot K_A \quad [2]$$

- ET_C : evapotranspiración del cultivo



- ET_0 : evapotranspiración de referencia, datos obtenidos de REDAREX.
- K_c : Factor de corrección que depende del cultivo, datos obtenidos de Cicytex³⁷.
- K_l : Factor de corrección por localización.
- K_{cl} : Factor de corrección por condiciones locales.
- K_A : Coeficiente de Advección.

3.1.1.1 Evapotranspiración de referencia

En la siguiente tabla se muestra la evapotranspiración de referencia medida en Don Benito según los meses desde 2010 hasta 2022, a la vez del valor medio.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Media
Enero	1,02	1,08	0,88	1,00	1,14	0,93	1,02	0,93	0,96	1,00	0,86	0,86	1,04	0,98
Febrero	1,62	1,69	1,93	1,55	1,58	1,90	1,63	1,62	1,79	1,74	1,61	1,50	1,72	1,68
Marzo	2,31	2,49	3,29	2,03	2,67	2,86	2,42	2,70	2,59	3,13	2,70	2,72	2,26	2,63
Abril	3,89	3,68	3,50	3,65	3,70	3,68	3,40	4,36	3,59	3,46	3,01	3,43	3,71	3,62
Mayo	5,26	4,91	5,34	4,83	5,56	5,82	4,46	5,27	4,58	5,75	4,94	5,78	5,68	5,24
Junio	6,81	6,88	6,82	6,04	6,10	6,37	6,73	7,14	5,78	6,51	6,71	6,23	6,72	6,53
Julio	7,19	7,27	7,37	6,76	6,46	7,46	7,00	6,95	6,69	6,87	7,00	7,11	6,88	7,00
Agosto	6,09	6,16	6,50	6,03	6,21	6,02	6,26	6,25	5,84	6,13	6,34	6,47	5,35	6,13
Septiembre	4,32	4,32	4,05	4,18	3,83	4,29	4,47	4,59	3,96	4,41	3,98	4,00	3,56	4,15
Octubre	2,56	2,73	2,44	2,32	2,34	2,21	2,36	2,59	2,38	2,74	2,61	2,58	2,24	2,47
Noviembre	1,40	1,34	1,26	1,24	1,33	1,27	1,18	1,25	1,20	1,81	1,01	1,35	1,29	1,30
Diciembre	1,07	0,77	0,75	0,93	0,75	0,80	0,79	0,89	0,70	0,97	0,88	1,06	0,90	0,87

Tabla 6: Evapotranspiración de referencia (Fuente: Elaboración propia a través de REDAREX)

3.1.1.2. Factor de corrección de cultivo

La transpiración depende del tipo de cultivo, del tamaño y la edad. Este coeficiente puede variar mucho dependiendo de las condiciones en las que se mida, por ello, se va a tomar el valor proporcionado por Cicytex (Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas de Extremadura), ya que toma muestras de árboles de la región que se aproximan más su valor al facilitado por la FAO que es más genérico.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Kc	0,75	0,75	0,75	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,65	0,70	0,70	0,75

Tabla 7: Coeficiente de cultivo (Fuente: Cicytex⁵², 2023)



3.1.1.3 Factor de corrección por localización

Este factor depende de la superficie que sombrea el árbol. Ya que no se evapora el agua de la misma manera en una zona donde el suelo esté sombreado de una zona que se encuentre a pleno sol. Para calcular este coeficiente habrá que tener en cuenta el área de copa de árbol, se va a suponer que puede llegar hasta 1,5m de diámetro.

$$A = \text{Area sombreada} / \text{Marco Plantación} = \frac{\pi \cdot 0,75^2}{1,3 \cdot 4} = 0,34 \quad [3]$$

Para calcular el coeficiente se va a utilizar la fórmula de Aljibury³⁸ et al:

$$K_l = 1,34 \cdot A = 1,34 \cdot 0,34 = 0,456 \quad [4]$$

3.1.1.4 Factor de corrección por condiciones locales

Dado que para la evapotranspiración de referencia se toma un valor medio de las medidas entre 2010 y 2022, hay que mayorar el valor obtenido. Este coeficiente debe oscilar entre 1,15 y 1,2, por ello, se va a tomar el caso más extremo que es 1,2.

3.1.1.5 Coeficiente de Advección

El entorno donde se va a plantar el cultivo también influye en la transpiración, en el siguiente gráfico se muestra el valor de este coeficiente dependiendo de la cantidad de hectáreas que haya alrededor de distintos cultivos:

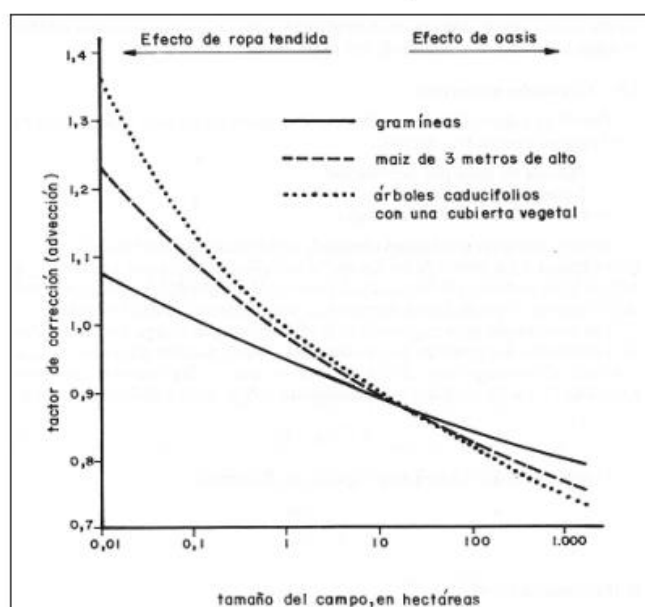


Figura 28: Coeficiente de Advección (Fuente: Slideshare, 2023)



Dado que cerca de la parcela donde se van a plantar los árboles hay plantaciones de maíz, se va a tomar un valor de 0,9 para este coeficiente.

3.1.2 Evapotranspiración

Una vez se han definido todos los coeficientes, se calcula la evapotranspiración, se añaden dos columnas, la evapotranspiración total, donde solo se tiene en cuenta el coeficiente de cultivo, y la evapotranspiración corregida donde se tienen en cuenta el resto de los factores de corrección.

$$ET_C = ET_O \cdot K_C \quad [5]$$

$$ET_{C \text{ Corregida}} = ET_O \cdot K_C \cdot K_l \cdot K_{cl} \cdot K_A \quad [6]$$

Se han hecho los dos cálculos porque si el riego no fuera localizado, por goteo, solo habría que tener en cuenta el factor de corrección del cultivo.

Mes	ET _O	K _C	K _l	K _{cl}	K _A	Etc	Etc _{Corregida}
Enero	0,98	0,75	0,456	1,2	0,9	0,73	0,36
Febrero	1,68	0,75	0,456	1,2	0,9	1,26	0,61
Marzo	2,63	0,75	0,456	1,2	0,9	1,97	0,96
Abril	3,62	0,70	0,456	1,2	0,9	2,53	1,23
Mayo	5,24	0,65	0,456	1,2	0,9	3,41	1,66
Junio	6,53	0,60	0,456	1,2	0,9	3,92	1,90
Julio	7,00	0,55	0,456	1,2	0,9	3,85	1,87
Agosto	6,13	0,55	0,456	1,2	0,9	3,37	1,64
Septiembre	4,15	0,65	0,456	1,2	0,9	2,70	1,31
Octubre	2,47	0,70	0,456	1,2	0,9	1,73	0,84
Noviembre	1,30	0,70	0,456	1,2	0,9	0,91	0,44
Diciembre	0,87	0,75	0,456	1,2	0,9	0,65	0,32

Tabla 8: Evapotranspiración total (Fuente: Elaboración propia, 2023)

3.1.3 Precipitación

La segunda variable que hay que estudiar es la precipitación ya que si llueve no es necesario regar la planta. Hay que diferenciar entre precipitación y precipitación efectiva PE. La PE es la cantidad de agua que recibe el cultivo, el resto se pierde por escorrentía o percolación. Los datos de precipitación se toman también de REDAREX en el municipio de Don Benito.



Mes	Precipitacion		PE	
	mm/dia	mm/mes	mm/dia	mm/mes
Enero	1,24	37,49	0,50	15,20
Febrero	1,33	37,51	0,58	16,31
Marzo	1,85	57,46	0,89	27,44
Abril	2,14	62,95	1,04	30,77
Mayo	0,85	26,37	0,39	12,03
Junio	0,21	5,90	0,09	2,53
Julio	0,06	1,92	0,01	0,42
Agosto	0,09	2,91	0,02	0,53
Septiembre	0,85	25,53	0,41	12,38
Octubre	1,93	59,11	1,00	30,66
Noviembre	1,90	57,00	0,89	26,79
Diciembre	1,71	51,97	0,79	23,97

Tabla 9: Precipitaciones Don Benito (Fuente: Elaboración propia, 2023)

3.1.4 Necesidades totales hídricas

Una vez se tienen los datos de evapotranspiración y de precipitación efectiva, se calculan las necesidades de agua netas de la planta²⁰.

$$Nn = ET_{Corregida} - PE \quad [7]$$

Este resultado hay que aumentarlo un poco debido a que el rendimiento no es del 100%, ya sea por la falta de uniformidad de riego por pérdidas de agua por percolación, entre otros motivos. Por lo tanto, se va a suponer un rendimiento del 90%.

$$Nt = \frac{Nn}{\eta} \quad [8]$$

A continuación, se muestra la tabla final de necesidades hídricas del cultivo:



Mes	ETo	Kc	Etc	Etc Corregida	PE	Nn	Nt
Enero	0,98	0,75	0,73	0,36	0,50	-0,14	-0,16
Febrero	1,68	0,75	1,26	0,61	0,58	0,04	0,04
Marzo	2,63	0,75	1,97	0,96	0,89	0,07	0,08
Abril	3,62	0,70	2,53	1,23	1,04	0,19	0,21
Mayo	5,24	0,65	3,41	1,66	0,39	1,27	1,41
Junio	6,53	0,60	3,92	1,90	0,09	1,81	2,01
Julio	7,00	0,55	3,85	1,87	0,01	1,86	2,06
Agosto	6,13	0,55	3,37	1,64	0,02	1,62	1,80
Septiembre	4,15	0,65	2,70	1,31	0,41	0,90	1,00
Octubre	2,47	0,70	1,73	0,84	1,00	-0,16	-0,18
Noviembre	1,30	0,70	0,91	0,44	0,89	-0,45	-0,50
Diciembre	0,87	0,75	0,65	0,32	0,79	-0,47	-0,52

Tabla 10: Necesidades hídricas del olivar (Fuente: Elaboración propia)

Con los datos anteriores, se calcula el valor del volumen de agua necesario por día a cada planta. Se toma el valor más crítico, es decir, julio, que es cuando el árbol va a necesitar más agua. Para calcularlo, se multiplican las necesidades totales del cultivo por el marco plantación al que se encuentra el árbol, obteniendo:

$$Nt = 2,06mm/día \cdot 1,3 \cdot 4 = 10,71l/planta/día \quad [9]$$

3.2 TIEMPO DE RIEGO

En el punto anterior se calcularon las necesidades de riego, ahora se va a calcular el tiempo de riego necesario por planta. Para ello se necesita la cantidad de agua que se necesita por planta, y día, el intervalo de riegos, el número de emisores que tiene cada planta y el caudal.

En primer lugar, se definirá el intervalo de riegos, será de un día, es decir, se regará un día sí y otro no intercalando los sectores, de ahí que sean pares.

Esto se hace por varios motivos, pero el principal es para que el árbol enraíce bien hacia abajo. Si se regara todos los días, el árbol tendría agua suficiente y las raíces serían superficiales, esto no interesa porque ante un viento fuerte el árbol se puede romper.

El número de emisores también va a determinar el crecimiento del árbol. Por el mismo motivo expuesto en el párrafo anterior, no interesa que la fuente de agua esté justo encima del árbol sino un poco separado para que las raíces se extiendan. Por ello, cada árbol tendrá dos emisores.



La tubería que se va a utilizar, como se comentará más adelante, es una tubería de 20mm con los goteros separados 50cm buscando perder el mínimo agua posible.

Por último, el caudal de esta tubería porta goteros es de 2,2l/hora.

Con todos los datos anteriores, se calcula el tiempo de riego:

$$Tiempo\ Riego = \frac{Nt \cdot Intervalo\ Riego}{N^{\circ}\ Emisores \cdot Caudal} = \frac{10,73 \cdot 1}{2 \cdot 2,2} = 2,44 horas \quad [10]$$

Este tiempo se ha calculado para el momento en el que el riego es máximo, es decir, en julio.

3.3 Balsa Acumulación

Este elemento de la instalación es el encargado de almacenar el agua que posteriormente será usada para regar los árboles. Esta balsa se abastece de agua del Canal de las Dehesas como ya se ha comentado en otro apartado. Es fundamental tener reservas de agua ya que la campaña de riego del Canal de las Dehesas normalmente comienza a principios de mayo y suele acabar a finales de agosto. Estas fechas varían dependiendo de las condiciones climatológicas del año. Al no ser un cultivo estacional, sino que es un árbol, puede necesitar agua en otros momentos en los que haya sequía y no tiene por qué ser necesariamente en verano, en concreto, en febrero, en la época de floración, el árbol puede necesitar agua si no llueve lo suficiente, ocurre lo mismo de septiembre hasta que el fruto se recoja. La balsa de agua da esa posibilidad de maniobra para poder regar cuando se necesite.

Actualmente hay una balsa, pero hay que realizar dos cambios, agrandarla y recubrirla con PVC. A continuación, se muestra una imagen de esta:



Figura 29: Vista aérea de la charca (Fuente: Elaboración propia a través de Sigpac, 2023)

3.3.1 Dimensionamiento de la charca

Para determinar el tamaño de la charca se va a utilizar el estudio de necesidades hídricas hecho en el apartado anterior. Se necesitará el gasto del volumen de agua mensual. Para ello, se calcula la necesidad de agua de la planta multiplicando las necesidades al día por el marco de plantación y por el número de días al mes. El total se obtiene multiplicando la cantidad de árboles que va a haber en las 35ha que son 59.613 olivos. En las necesidades totales mensuales hay valores que salen negativos, esto se debe a que en general, en esas épocas, llueve lo suficiente para cubrir la evapotranspiración de la planta. La balsa tiene que servir tanto en años de sequía como en años lluviosos, por ello, en los meses en los que las necesidades son negativas, se va a asumir un volumen de gasto de 1600m^3 .

Por último, durante los meses de mayo, junio, julio y agosto, el canal aporta agua a la balsa por lo que lo que se gasta en el riego, se recupera.



Mes	Nt/día (L/día)	Nt/Planta/día (L/planta/día)	Nt/planta/mes (L/planta/mes)	Nt Totales/mes (L/mes)	Volumen Total (m ³)
Enero	-0,16	-0,84	-25,96	-1547	1600
Febrero	0,04	0,21	5,82	347	347
Marzo	0,08	0,42	13,12	782	782
Abril	0,21	1,08	32,45	1935	1935
Mayo	1,41	7,33	227,21	13545	0
Junio	2,01	10,48	314,27	18734	0
Julio	2,06	10,73	332,70	19833	0
Agosto	1,80	9,36	290,25	17303	0
Septiembre	1,00	5,19	155,80	9288	9288
Octubre	-0,18	-0,92	-28,45	-1696	1600
Noviembre	-0,50	-2,60	-78,07	-4654	1600
Diciembre	-0,52	-2,72	-84,42	-5032	1600
Total					18752 m³

Tabla 11: Volumen de agua necesario (Fuente: Elaboración propia, 2023)

La cantidad media que se necesita al año de agua son 18.752m³, se va a aplicar un factor de seguridad de 2 para los años en los que haya sequía. Por lo tanto, la balsa deberá tener un volumen total de 37.504m³.

En la siguiente imagen aparece un croquis de una posible forma de la balsa, el perímetro es de 33,6m y la superficie de 7.084,8m². Por consiguiente, si tiene una profundidad de seis metros, se conseguirá un volumen total de 42.508m³. Es mayor al necesitado pero se ha de tener en cuenta que la charca no se llena hasta el borde sino a medio metro, se suele colocar un desagüe para que no llegue a desbordarse.



Figura 30: Croquis de la charca (Fuente: Elaboración propia mediante Autocad, 2023)



3.3.2 Recubrimiento de la balsa

La otra acción necesaria que se debe llevar a cabo es el recubrimiento de esta con una lámina de PVC o de polietileno. Este elemento es de gran importancia porque evita que se pierda agua por filtraciones, y hace que sea más difícil la proliferación de algas que podrían taponar los goteros de riego.

Hay dos posibles materiales que se pueden utilizar con este fin, las láminas de PVC o de polietileno:

- Láminas de PVC: este material es resistente a las condiciones de intemperie, tiene una gran flexibilidad siendo resistente a tracción, rotura o desgarró. Además, no se descompone, que es una característica necesaria ya que la impermeabilización se debe realizar para que dure el máximo tiempo posible.
- Láminas de polietileno (PE): al igual que el material anterior, es resistente a los rayos UV, es flexible y tiene muy buena resistencia al impacto. Asimismo, es resistente a los agentes químicos que de vez en cuando se utilizan para tratar el agua.

En la imagen siguiente aparece una tabla comparativa de los dos tipos de material que se puede usar para impermeabilizar³⁹.

	PVC 0,5 Mm.	POLIETILENO 0,5 Mm.	POLIETILENO G 1000
Peso	0,780 gr. m ²	0,500 gr./m ²	0,250 gr./m ²
Soldadura con aire caliente	✓✓✓	✓✓✓	✗
Flexibilidad	✓✓	✓	✓
Rigidez	✗	✓✓✓	✓
Antipunzonamiento	✓✓	✓✓✓	✗
Duración	✓✓✓	✓✓	✓
Reparación	✓	✓	✗
Resistencia agentes químicos	✓	✓✓✓	✓✓
Excelente ✓✓✓ Buena ✓✓ Aceptable ✓ ✗ No			

Figura 31: Características de láminas para balsas (Fuente: Macoglass, 2022)



Se va a elegir la lámina de PVC, que, aunque sea la más cara, tiene muy buenas características técnicas y se puede reparar en caso de fisura. Teniendo en cuenta que la superficie del fondo son aproximadamente $7.084,8\text{m}^2$, y el perímetro $33,6\text{m}$ se calculan los m^2 de PVC necesarios. Se toma una altura de 9m ya que el borde hay que enterrarlo.

$$A = 7.084,8 + 33,6 \cdot 9 = 48.016\text{m}^2 \quad [11]$$

En la siguiente imagen aparece una balsa forrada con lámina de PVC:



Figura 32: Balsa de acumulación (Fuente: Elaboración propia, 2021)

3.4 CABEZAL DE FILTRADO

El agua al estar a la intemperie en la balsa de acumulación puede recoger partículas que pueden llegar a taponar los goteros. Por ello, se necesita un cabezal de filtrado para poder asegurar que el agua que llega a los árboles esté totalmente limpia. El cabezal se va a componer de dos filtros: uno de arena y seguido de uno de malla automático⁴⁰.

3.4.1 Filtro de arena

El filtro tiene en su interior arena que puede ser de tres tipos: arena volcánica, arena silíceo o vidrio. Esta arena retiene las partículas que lleva el agua tanto orgánicas como inorgánicas. El agua se inyecta en el tanque donde se irá filtrando para después ser recogida en los colectores que la expulsan limpia al segundo filtro.

Este tipo de filtros también tienen función de lavado y aclarado para limpiar la arena después del filtrado. En el lavado se inyecta agua limpia desde los colectores, es decir, desde abajo para



expulsar los sedimentos, este proceso termina cuando el agua sale limpia. El último proceso es el aclarado, se vuelve a inyectar agua limpia hasta aclarar por completo el agua.



Figura 33: Filtros de arena (Fuente: Lama, 2023)

3.4.2 Filtro de malla

Es un filtro autolimpiante, es decir, no necesita volver a inyectar agua para su limpieza, además, en proceso se realiza mientras se filtra. Esta limpieza se hace mediante boquillas de goma. El filtro está formado por un cilindro de malla, el agua entra en este cilindro y las partículas se quedan estancadas en la malla de tal manera que esta actúa como colador. La boquilla que se encuentra rotando, es la encargada de succionar la suciedad.

Al igual que con el filtro de arena, se van a utilizar los filtros de la marca Lama ya que es una de las mejores del mercado e incorpora tecnología novedosa. Las mallas tienen un paso de 0,02mm a 1,5mm.



Figura 34: Filtro de malla (Fuente: Lama, 2023)



3.4.3 Elección de filtros

Para poder asegura el caudal necesario de riego, se deben instalar dos filtros de arena de diámetro 1200mm que eliminen las partículas generadas en el agua a la intemperie y después, se pondrá un filtro de malla para asegurar que no quede nada. En los Anexos aparece la conexión de estos filtros.

3.5 EQUIPO DE FERTIRRIGACIÓN

La instalación de riego no sirve únicamente para llevar agua al árbol, sino que también a través de ella se le aportan los nutrientes que necesita la planta. El equipo está compuesto por los depósitos en los que se almacena el fertilizante y las bombas dosificadoras.

3.5.1 Depósitos

Son los encargados de almacenar el fertilizante para después dosificarlo según sea necesario. SE van a utilizar depósitos de polietileno de alta densidad principalmente por dos motivos. El primero de ellos porque es un material resistente a los posibles productos químicos que se van a meter en el mismo. En segundo lugar, porque es transparente lo que permite ver el nivel de fluido que hay en su interior. En cuanto a su forma, serán cilíndricos para evitar que se quede producto en las esquinas y sea más fácil su limpieza y mantenimiento.

Se van a utilizar un total de cuatro depósitos que cubrirán las necesidades de fertilizante de la plantación, serán tres de 1000l y uno de 500l.

3.5.2 Bombas dosificadoras

Su función es absorber el fertilizante de sus depósitos e inyectarlo al circuito de agua. Tiene otra entrada de agua para el caso en el que el depósito se quede sin fertilizante, ya que en este caso la bomba se puede romper. Este tipo de bombas están diseñadas especialmente para este propósito ya que son muy precisas en el aporte de volumen del fertilizante que se necesita. Permite expulsar un caudal constante en todo momento.

A continuación, se muestran los posibles tipos de bombas según el proveedor:



TIPO	CAUDAL [l/h]	PRESION Máx. [bar]	Potencia Motor [CV]	Consumo máximo [A]	Ø Pistón [mm]	Carrera [mm]	Ø Bocas Asp/imp.	Peso Kgs.con Bomba PVC
DRC-13x30-8	50	7	1/8	13	30	12,5	1/2"	6,5
DRC-13x30-4	50	10	1/4	20				8
DRC-13x38-8	80	4	1/8	13	38	12,5	1/2"	7
DRC-13x38-4	80	9	1/4	20				10
DRC-13x48-8	128	3	1/8	13	48	12,5	1/2"	8
DRC-13x48-4	135	5,5	1/4	20				10,5
DRC-18x38-8	135	4	1/8	13	38	17,5	1/2"	8,5
DRC-18x38-4	135	10	1/4	20				10,5
DRC-18x48-8	210	3	1/8	13	48	17,5	1/2"	8
DRC-18x48-4	210	7	1/4	20				10,5
DRC-18x54-4	270	5	1/4	20	54	17,5	3/4"	12
DRC-18x54-2	290	9	1/2	34				17 en INOX
DRC-18x64-4	380	2,3	1/4	20	64	17,5	3/4"	12,5
DRC-18x64-2	408	6	1/2	34				17 en INOX
DRC-25x64-2	494	6	1/2	40	64	25	1"	26 en INOX
DRC-25x76-2	710	4,2	1/2	40	76	25	1"	27 en INOX

Tabla 12: Tabla de bombas dosificadoras (Fuente: Cristóbal Cansado, 2023)

El principal elemento a tener en cuenta es la presión, la presión de la bomba debe ser mayor a la potencia total de la instalación. El agua es un recurso limitado, por ello, se necesita que se aporte el mayor caudal de fertilizante posible en el menor tiempo. Por los dos motivos expuestos, se va a elegir el modelo DRC-25x64-2.

La pérdida de carga máxima que se ha calculado en la instalación como se verá más adelante es de 55mca, que es menor a los 61.2mca que puede soportar la bomba. El caudal de 494l/hora permite aportar gran fertilizante en poco tiempo que era lo que se buscaba.

La bomba se conectará a una batería de 12V, hará falta averiguar la capacidad en amperios que son necesarios. Para ello, se tendrá en cuenta que la potencia del motor son 0,5 CV, que, multiplicado por el factor de conversión a vatios, 745,7W/CV, se obtiene una potencia de 372,85W. Sabiendo en el peor de los casos puede estar 3 horas diaria en funcionamiento, se consumiría una potencia de 1.118,55Wh. Por lo tanto, para una batería de 12V, se necesitan 93,21 Ah. Por último, habría que tener en cuenta el factor de descarga, en las baterías convencionales es un 60%, por lo que habría que dividir la intensidad obtenida por este valor, obteniendo una intensidad mínima para la batería de 155,35Ah.



Para que en ningún momento la batería se quede sin carga y por lo tanto, no se pueda echar fertilizante en algún momento crítico, se va a elegir una batería de 250Ah.

3.6 CASETA

Será necesario construir una caseta en cuyo interior se colocarán los filtros y se dejará un hueco por si hace falta meter algo más. Los depósitos de fertirrigación irán al aire libre para evitar concentración de emisiones tóxicas dentro de la caseta. Se edificará con bloques huecos de hormigón de $40 \times 20 \times 20 \text{ cm}^3$ y el tejado de chapa. Se construirá también una solera donde se colocarán los depósitos, será de hormigón armado para evitar que se viertan líquidos al terreno. Por último, los pilares que van a sujetar el techo de la solera tendrán perfil IPE220 y los dinteles serán de IPE120. En las imágenes siguientes aparecen las características de los perfiles elegidos.

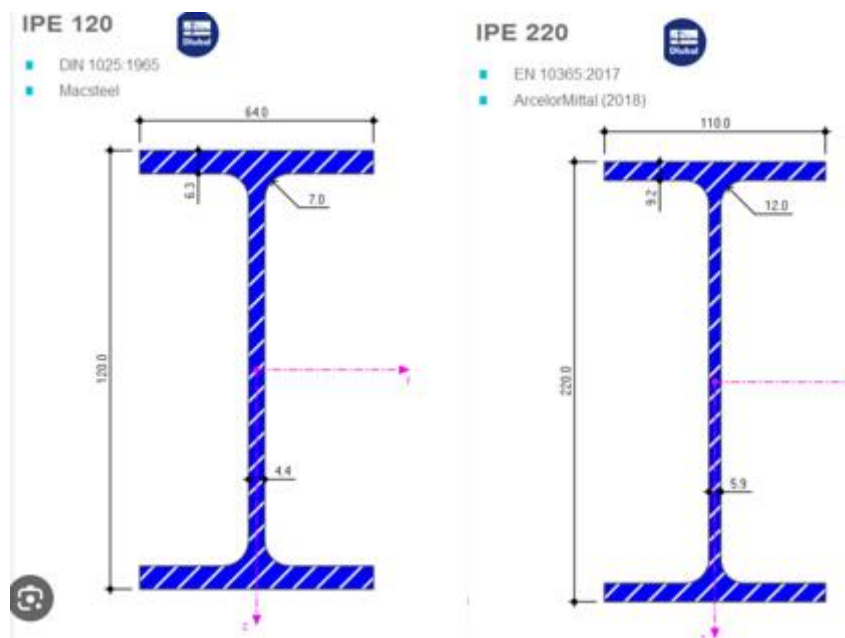


Figura 35: IPE120 e IPE220 (Fuente: Dlubal, 2023)

En la imagen siguiente se muestra una caseta con características similares.



Figura 36: Caseta de riego (Fuente: Elaboración propia, 2022)

Debe ubicarse lo más próxima posible a la charca para evitar que haya mucha pérdida de carga. Para dimensionarla, habrá que tener en cuenta las medidas de estos dos elementos. En el Anexo II se muestra un croquis de los dos filtros de arena junto con el de malla.

- La instalación de filtros mide $2,831 \times 1,66 \times 2,013 \text{ m}^3$
- Los depósitos de 1000L tienen un diámetro de 1m y 1,455m de alto, y el de 500l tiene un diámetro de 0,8m y la misma altura.

Con estas medidas se ha determinado que la caseta tendrá una planta de $4 \times 4 \text{ m}^2$ y una altura de tres metros. Contará con una puerta de $2 \times 2 \text{ m}^2$ y una ventana de $0,75 \times 0,75 \text{ m}^2$. En cuanto a la solera, será de $4 \times 5 \text{ m}^2$.

3.7 TUBERÍAS DE RIEGO

Estas tuberías salen del cabezal de filtrado y llegan hasta el árbol. Se van a diferenciar tres: tuberías principales, secundarias y porta goteros. Todas las tuberías están reguladas mediante la UNE 53112.

3.7.1 Tubería principal

Se encarga de llevar el agua desde la balsa hasta la instalación de riego de la parcela donde alimentará las tuberías secundarias. Será de PVC e irá enterrada en una zanja, aproximadamente a un metro de profundidad y 40 cm de ancho. En la misma zanja de la tubería, irá el monocable del Agronic. Por último, el diámetro de esta tubería será de: 160mm y la presión que soporta 60mca.



La tubería se colocará en el camino exterior porque si hay alguna fuga o rotura tiene fácil acceso para su arreglo. Por otro lado, las conexiones con la tubería secundaria también estarán en este camino, lo cual facilita el control de las válvulas. En las válvulas debe controlarse que el solenoide funciona correctamente y abre y cierra cuando debe, si no es así habría que realizar la maniobra manualmente. También se debe controlar la presión diferencial.

3.7.2 Tubería secundaria

Al igual que la tubería principal, irá enterrada, pero a menos profundidad, esta vez a 80cm. La composición de la tubería será de PVC y tendrá un diámetro variable, es una tubería telescópica. Hay un total de 6 tuberías secundarias, una por sector como se verá más adelante. En la conexión entre la tubería principal y la secundaria habrá una válvula de reductora de presión que irá conectada por el monocable al Agronic.

Se van a utilizar cuatro tipos de diámetros para ahorrar costes ya que, al ir saliendo el agua, el caudal va a ir disminuyendo. Los diámetros que se van a utilizar en las tuberías secundarias son: de 125mm, de 110mm, de 90mm y de 75mm y la presión total que presentan son de 60mca que equivalen a 588kPa.

3.7.3 Tubería porta goteros

Esta tubería se conecta a la tubería secundaria y va directamente al árbol. Dentro de la propia tubería se encuentran los goteros. En este Proyecto se van a utilizar los de la marca CHAMSA, empresa especializada en este sector con sistemas de riego de muy buena calidad y eficiencia. Actualmente su tubería de goteros es la más resistente del mercado y cuenta con una avanzada tecnología.

En concreto se van a usar goteros autocompensantes, es decir, con compensación de goteo para que las condiciones del terreo no afecten negativamente al riego. Esto se logra mediante una membrana de silicona que mantiene un caudal constante, además, esta membrana actúa a su vez como un mecanismo de autolimpieza. Por último, cuenta con tres puntos por los que se expulsa el agua lo cual reduce la posibilidad de obstrucción de la tubería.

En la siguiente imagen aparece el gotero con sus características:



Figura 37:Gotero (Fuente: CHAMSA,2023)

Hay dos posibles diámetros posibles para las tuberías con estas características, y son 16mm o 20mm.

A continuación, se muestra una tabla con las posibles combinaciones:

Diámetro (mm)	Espesor (m)	Diámetro interior (mm)	Presión máxima (mca)	Caudal (l/hora)	Factor de fricción (k)
16	0,95	1,7	45,9	1,1	0,3
16	0,95	1,7	45,9	2	0,3
16	0,95	1,7	45,9	4	0,3
20	1,1	17,5	45,9	2,2	0,15
20	1,1	17,5	45,9	3,5	0,15

Tabla 13: Tabla de tuberías (Fuente: CHAMSA, 2023)

En el apartado donde se calculaba el tiempo de riego, se eligió la tubería de 20mm y caudal 2,2l/hora porque los días de verano habría que regar durante 2,44 horas cada sector, teniendo en cuenta que son 6 sectores, serían 14,64 horas al día. Cabe destacar que, en verano, las horas de sol llegan a ser más de 15, por lo que daría tiempo suficiente a que se regara toda la plantación. Un dato que también se ha tenido en cuenta es el factor de fricción que en la tubería de 16 mm es el doble que en la de 20mm por lo que las pérdidas de carga secundaria en los goteros son mayores en la tubería de 16mm. Por todo lo expuesto anteriormente, se elige la tubería de 20mm con un caudal de 2,2l/hora y una presión de 25mca que equivalen a 245kPa. Como se ve en la siguiente imagen, la distancia máxima que podrían tener las tuberías es de 242m, en este Proyecto, la línea de árboles más grande mide 235 metros por lo que no hay problema.



Distancia entre emisores	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
0,25	105,00	121,00	133,00	143,00	152,00	160,00
0,30	124,00	142,00	156,00	168,00	179,00	188,00
0,33	134,00	154,00	170,00	183,00	194,00	205,00
0,40	158,00	182,00	200,00	216,00	229,00	242,00
0,50	191,00	219,00	242,00	261,00	277,00	292,00
0,60	222,00	254,00	281,00	302,00	322,00	339,00
0,75	266,00	305,00	336,00	362,00	386,00	407,00
0,80	279,00	321,00	354,00	382,00	406,00	427,00
0,90	306,00	352,00	388,00	418,00	445,00	469,00
1,00	332,00	382,00	421,00	454,00	483,00	509,00
1,25	382,00	439,00	484,00	522,00	556,00	586,00
1,50	452,00	519,00	572,00	618,00	657,00	693,00

Tabla 14: Características técnicas tuberías portagotos (Fuente: CHAMSA,2023)



En la siguiente imagen aparece el mapa de tuberías de la finca. La línea azul oscuro es la tubería principal, la verde la secundaria y la azul claro la portagoteros.

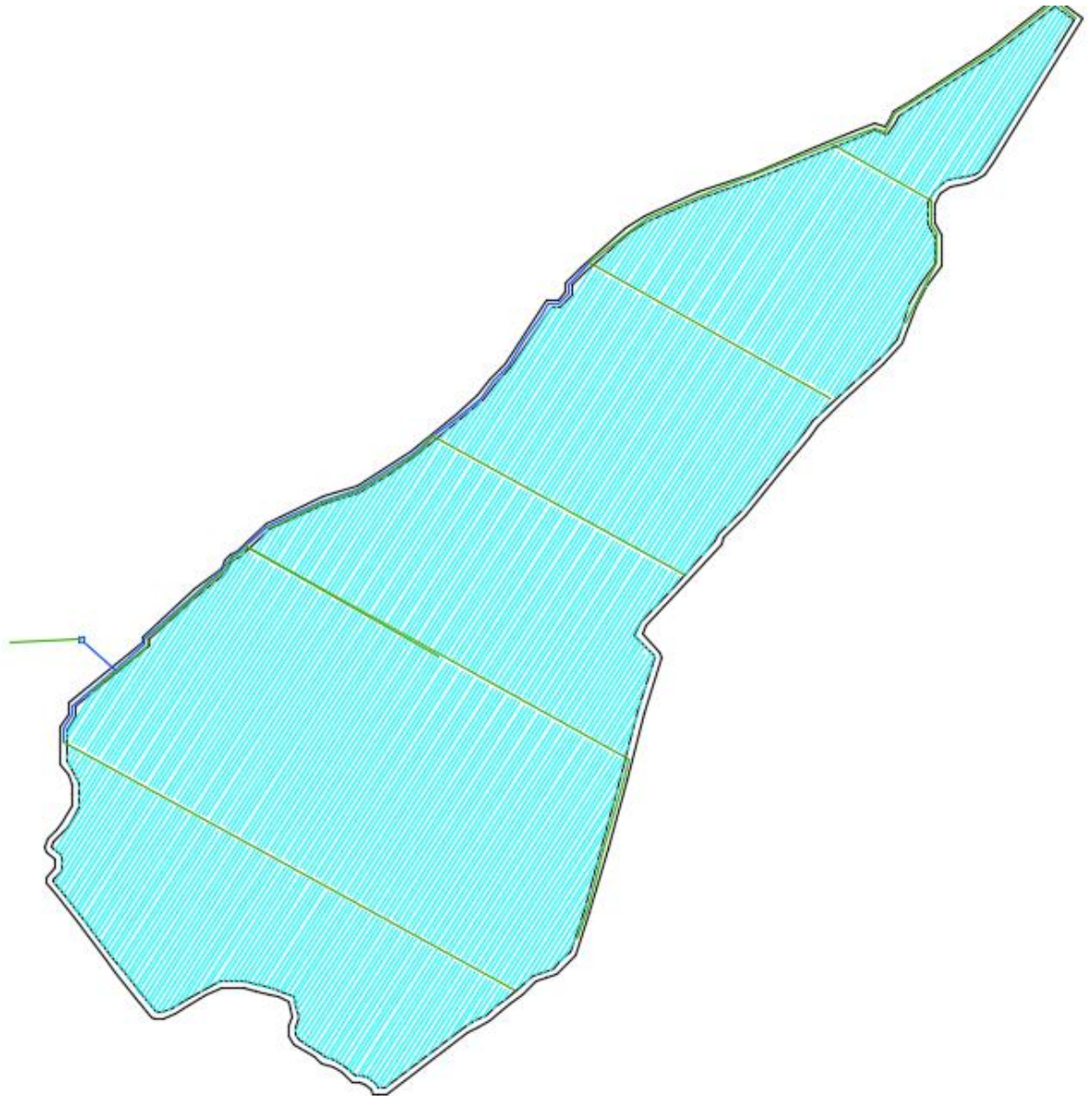


Figura 38: Mapa de tuberías (Fuente: Elaboración propia con Autocad, 2023)

Se van a colocar válvulas de dos tipos, la de retención para evitar el golpe de ariete que va a ir en la tubería principal, son tres, y las electroválvulas que se van a colocar en las entradas de los sectores y al final de cada tubería secundaria. La escala en la imagen es aproximadamente 1:5000. La línea azul oscuro representa la tubería principal y la verde representa la secundaria. Las válvulas se muestran en negro.

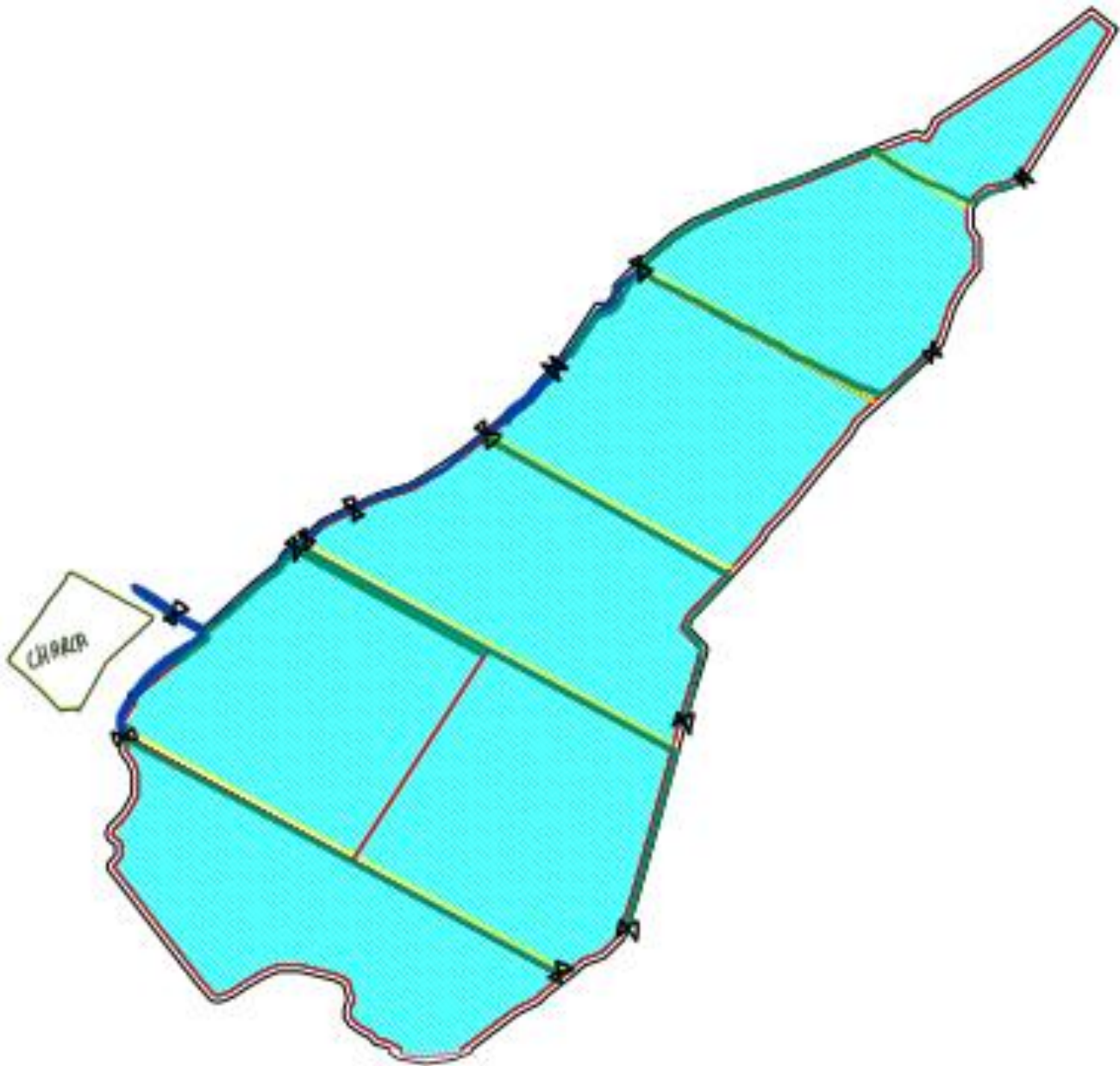


Figura 39: Mapa tuberías y válvulas (Fuente: Elaboración propia, 2023)



3.8 SECTORES DE RIEGO

A la hora de regar hay que dividir la parcela en partes ya que no toda la parcela es homogénea. En las zonas bajas, más llanas, el agua tiende a estancarse por lo que se necesita menos humedad. Las partes más altas se suelen secar más por lo que necesitan riegos cortos, pero con mucha frecuencia. Con los fertilizantes ocurre lo mismo, no todas las zonas necesitan la misma cantidad, por lo que dividir la parcela en sectores favorece un tratamiento más específico de las plantas.

Además, como ya se ha comentado no conviene regar todos los días para que el árbol pueda enraizar bien, de esta manera se intercalen los riegos de los sectores. Un día se riegan unos y al día siguiente los otros aprovechando la generación eléctrica solar.

En esta instalación se ha determinado que se va a dividir la parcela en seis sectores. Se ha elegido un número par y múltiplo de tres para que en caso de que sea necesario se puedan establecer intervalos de riego de uno o dos días dependiendo de las necesidades del árbol.

Dado que la parcela tiene una superficie de 31,7ha quitando el camino exterior, los sectores deben ser de aproximadamente 5,2ha. En la imagen siguiente, aparece el terreno con sus sectores.

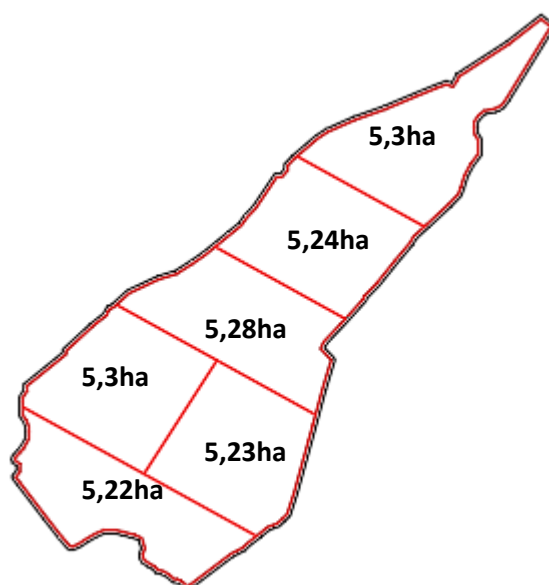


Figura 40:Plano sectores (Fuente: Elaboración propia con Autocad, 2023)



3.9 DIMENSIONAMIENTO DE LA BOMBA

Con las necesidades hídricas se ha dimensionado la balsa, en este apartado se va a dimensionar la bomba y para ello es necesario calcular las pérdidas de carga y el caudal necesario.

3.9.1 Pérdidas de carga

Otro elemento fundamental a tener cuenta para el dimensionamiento de la bomba es la pérdida de carga, esta hay que calcularla en el punto más desfavorable de la parcela, que es el punto más alejado y el que se encuentra a más altura.

Se van a diferenciar dos tipos de pérdidas, las causadas por el desnivel geográfico y las generadas por los elementos singulares de la instalación.

En primer lugar, se calcula el desnivel geográfico. Para ello, se miden el valor de la charca y el del punto más alejado. La primera ubicación se sitúa a 320 metros sobre el nivel del mar y el segundo punto se sitúa a 335 metros. En consecuencia, restando esos dos valores, se obtiene un desnivel geográfico de 15 metros. Además, habrá que tener en cuenta que la bomba está sumergida, en ningún momento debe estar en el fondo de la balsa, puesto que esta tendrá 6 metros de profundidad, se considerará que se sitúa a 4 metros de la superficie. De esta manera, el desnivel geográfico asciende a 19m.

En cuanto a las pérdidas que se encuentran en las tuberías y en los elementos singulares, hay de dos tipos. Las primarias que se dan en tramos rectos y las secundarias que surgen en elementos concretos como codos, válvulas y uniones entre otros.

Las siguientes dos ecuaciones son las que se van a utilizar para calcular las pérdidas de carga.

$$h_f = f \cdot \frac{L_{tramo}}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [12]$$

$$h_m = K \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g} \quad [13]$$

- f representa el factor de fricción de Darcy, es un parámetro que no tiene unidades y depende del régimen del flujo, es decir, si es laminar o turbulento. En este caso, como se va a ver más adelante, en todos los tramos de tubería, el número de Reynolds es mayor a 2.300, por lo tanto, el fluido se encuentra en régimen turbulento. La ecuación para calcular este parámetro será la de Colebrook⁴¹ que se encuentra a continuación. La f representa el factor de fricción, ϵ es la rugosidad de la tubería, D el diámetro y Re el número de Reynolds.



$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2 \cdot \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,7} + \frac{2,51}{Re \cdot f^{1/2}} \right) \quad [14]$$

- k es el factor de pérdidas de elementos concretos, su valor, está normalizado, en la siguiente imagen aparecen los valores de algunos elementos.

Pieza, conexión o dispositivo	K _s
Rejilla de entrada	0.80
Válvula de pie	3.00
Entrada cuadrada	0.50
Entrada abocinada	0.10
Entrada de borda o reentrada	1.00
Ampliación gradual	0.30
Ampliación brusca	0.20
Reducción gradual	0.25
Reducción brusca	0.35
Codo corto de 90°	0.90
Codo corto de 45°	0.40
Codo largo de 90°	0.40
Codo largo de 45°	0.20
Codo largo de 22° 30'	0.10
Tee con flujo en línea recta	0.10
Tee con flujo en ángulo	1.50
Tee con salida bilateral	1.80
Válvula de compuerta abierta	5.00
Válvula de ángulo abierta	5.00
Válvula de globo abierta	10.0
Válvula alfallera	2.00
Válvula de retención	2.50
Boquillas	2.75
Controlador de gasto	2.50
Medidor Venturi	2.50
Confluencia	0.40
Bifurcación	0.10
Pequeña derivación	0.03
Válvula de mariposa abierta	0.24

Figura 41: Coeficiente de pérdidas secundarias (Fuente: Hidráulica fácil, 2017)

- Número de Reynolds es un número adimensional que se calcula mediante el cociente de la fuerza de inercia y la fuerza asociada a la viscosidad. Cuando su valor es menor a 2300, el flujo es laminar, sin embargo, cuando es mayor, el flujo es turbulento. Se calcula mediante la siguiente fórmula.

$$Re = \frac{V \cdot D}{\nu} \quad [15]$$

En la siguiente imagen aparece un croquis de la parcela con los puntos de los tramos en los que se van a estudiar las pérdidas en las distintas tuberías. Hay 5 puntos marcados por lo tanto 4 tramos a estudiar. La escala es aproximadamente 1:5000.

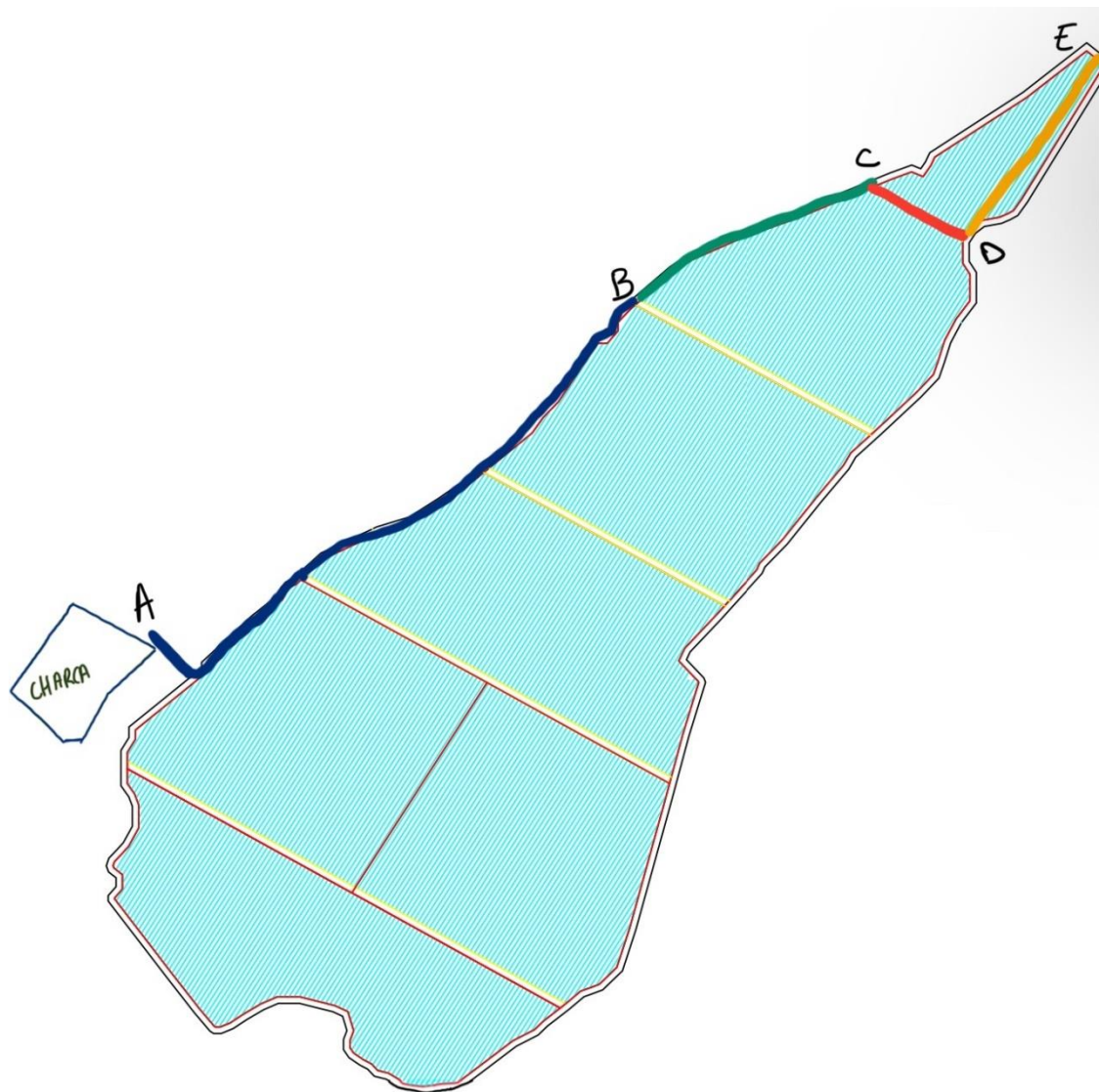


Figura 42: Croquis tuberías para pérdida de carga (Fuente: Elaboración propia, 2024)

- Tramo A-B: Tubería principal desde el cabezal de filtrado hasta la tubería secundaria. Material de la tubería PVC, diámetro 160mm y longitud 672m. (Azul oscuro).
- Tramo B-C: Tubería secundaria de 125mm de diámetro hasta tuberías secundaria de 75mm. Material PVC y longitud 246,87m. (Verde).
- Tramo C-D: Tubería secundaria de 75mm de diámetro hasta tubería portagotos. Material PVC y longitud 101m. (Rojo).



- Tramos D-E: Tubería portagoteros de material PE y longitud 199m. (Naranja).

Para las tuberías primarias y secundarias se tienen las tablas para el cálculo de pérdida, proporcionada por el fabricante. Pero en la tubería secundaria habrá que tener en cuenta que el caudal va disminuyendo por lo tanto se tendrá en cuenta el factor de Christiansen⁴² (F). Este valor está tabulado y se va a usar 0,36 en los dos casos.

$$h = f \cdot F \cdot L \quad [16]$$

Para la tubería portagoteros el factor de pérdida también viene normalizado por el fabricante, en el Anexo se adjuntan las tablas.

En la siguiente tabla se recogen las pérdidas de los distintos tramos de tubería.

TRAMO	Longitud	Material	Diámetro	PN (mca)	Q (m ³ /h)	Q (l/s)	v	f	h
A-B	672	PVC	160	60	64,12	17,81	1	0,00599	4,03
B-C	246,87	PVC	125	60	64,12	17,81	1,5	0,0072	1,78
C-D	101	PVC	90	60	15,35	4,26	0,75	0,026	2,63
D-E	199	PE	20	25	0,875	0,243	0,77	0,0113	2,25
TOTAL									10,68

Tabla 15: Pérdidas de carga en tuberías (Fuente: Elaboración propia, 2023)

Para las pérdidas de los elementos singulares de la instalación, codos, uniones, válvulas etc., se va a suponer que son el 20% de las pérdidas en las tuberías. En cuanto a los emisores, se debe coger la presión a la que se encuentra el portagoteros en el punto. La tubería portagoteros en su inicio tiene una presión de 25mca y en el final debe tener 10mca. Por lo tanto, como el punto más crítico se encuentra al final de la goma, se supondrán unas pérdidas de 10m. Por último, en cuanto a los filtros, los de arena tienen una pérdida de 8m y los de malla de 4m según el fabricante.

En la siguiente tabla se recoge un resumen de todas las pérdidas de carga que se han tenido en cuenta.

Elemento	Pérdida de carga
Tuberías	10,68
Elementos singulares	2,136
Emisor	10
Filtro malla	8
Filtro arena	4
Desnivel geográfico terreno + charca	19
TOTAL	53,816

Tabla 16: Pérdidas de carga totales (Fuente: Elaboración propia, 2023)



En el dimensionamiento de la bomba se tomará un valor de 55 metros para trabajar con cierta holgura.

3.9.2 Bomba

Para saber el caudal necesario por hora por hectárea se calcula de la siguiente manera:

$$Q = \frac{ha(m^2) \cdot \frac{n^{\circ} \text{ goteros}}{m} \cdot Q_{portagoteros}}{\text{distancia entre líneas}} = \frac{10.000 \cdot 2 \cdot 2.2}{4} = 11.000 \frac{L}{ha} \quad [17]$$

La instalación va a tener seis sectores, por lo tanto, cada sector va a ser de aproximadamente de 5,28ha. Por consiguiente, el caudal total que se necesita por sectores:

$$Q_T = \frac{11.000 \frac{L}{ha} \cdot 5,28ha}{10000L/m^3} = 58,08m^3/hora \quad [18]$$

La bomba que se va a utilizar será de la marca Likitech ya que actualmente es de los fabricantes que aseguran mayor rendimiento en sus bombas. El valor del rendimiento se encuentra en torno al 60%. Con todo lo anterior, se calcula la potencia.

$$P(CV) = \frac{Q(l/s) \cdot h_{totales}(m)}{75CV \cdot \eta_{bomba}} = \frac{\frac{58,08}{3,6} \cdot 55}{75 \cdot 0.6} = 19,72CV \quad [19]$$

En la siguiente imagen aparecen los diferentes tipos de bombas según potencia, caudal y la pérdida de carga que pueden soportar. La elegida es la que está subrayada, modelo SS675/06. Se ha elegido esta bomba porque, aunque tiene una potencia un poco inferior a la calculada, puede aportar un caudal mayor, 64m³/hora, y soporta a su vez, también más pérdida de carga, 59m.



SS 675			Q= Caudal											
			m³/h	0	42	54	64	70	75	80	84	90	96	
Cuerpo / Corpo	Potencia motor / Potência motor		l/seg	0	11,67	15	17,78	19,44	20,83	22,22	23,33	25	26,67	
Modelo / Etapas	kW	CV	Imp	H = Altura total metros columna de agua / Altura total metros coluna de água										
SS 675/01	3	4	1/2"	16	11	11	10	9	8	7	7	6	4	
SS 675/02	5,5	7,5		32	23	21	20	19	17	15	13	11	9	
SS 675/03	7,5	10		49	34	32	30	28	25	22	20	17	13	
SS 675/04	11	15		65	45	43	40	37	33	30	27	22	17	
SS 675/05	13	17,5		81	56	53	49	47	41	37	34	28	21	
SS 675/06	15	20		97	68	64	59	56	50	45	40	33	26	
SS 675/07	18,5	25		113	79	74	69	65	58	52	47	37	30	
SS 675/08	18,5	25		130	90	85	79	74	66	60	54	45	34	
SS 675/09	22	30		146	102	96	89	84	75	67	60	50	39	
SS 675/10	26	35		162	113	106	99	93	83	74	67	56	43	
SS 675/11	30	40		178	124	117	109	102	91	82	74	61	47	
SS 675/12	30	40		194	135	128	119	112	99	89	81	67	51	
SS 675/13	37	50		210	147	138	128	121	108	97	87	72	56	
SS 675/14	37	50		227	158	149	138	130	116	104	94	78	60	
SS 675/15	37	50		243	169	160	148	140	124	112	101	84	64	
SS 675/16	45	60		259	180	170	158	149	133	119	107	89	69	
SS 675/17	45	60		275	192	181	168	158	141	127	114	95	73	
SS 675/18	45	60		291	203	191	178	167	149	134	121	100	77	

Figura 43: Catálogo bombas Likitech (Fuente: Likitech, 2023)

3.9.3 Variador de frecuencia

La bomba necesita un variador de frecuencia, este elemento es necesario porque en los motores de imanes permanentes la velocidad nominal es un poco inferior a la frecuencia aportada por la red. Ya que a 50Hz, se obtienen 3.000rpm y la bomba trabajará a 2.900rpm.

$$w_{rot} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{1} = 100\pi \text{ rad/s} \cdot \frac{60 \text{ min}}{2 \cdot \pi \text{ rad/rev}} = 3.000 \text{ rpm} \quad [20]$$

El variador permite dar una frecuencia estable a la bomba que ayuda a alargar su vida útil. Además, evita que la bomba arranque y frene instantáneamente debido al paso de una nube u otro contratiempo que interrumpa la irradiación solar. Permite mantener la presión constante para la bomba si no se consigue la presión que se desea.

El variador que se va a utilizar va a ser de Inversolar, cuyos equipos de bombeo Fotoherz incluyen las nuevas mejoras que hacen el sistema más eficiente.



Figura 44: Variador de frecuencia (Fuente: FotoHerz, 2023)

3.9.4 Controlador de bomba

Este elemento monitoriza el funcionamiento de la bomba, cuando está activa se enciende una luz para indicarlo. También mide la potencia consumida por la bomba, si hubiera un depósito mediante un sensor mandaría una señal cuando este estuviese lleno. Este aparato se conecta a las placas solares y a la bomba.

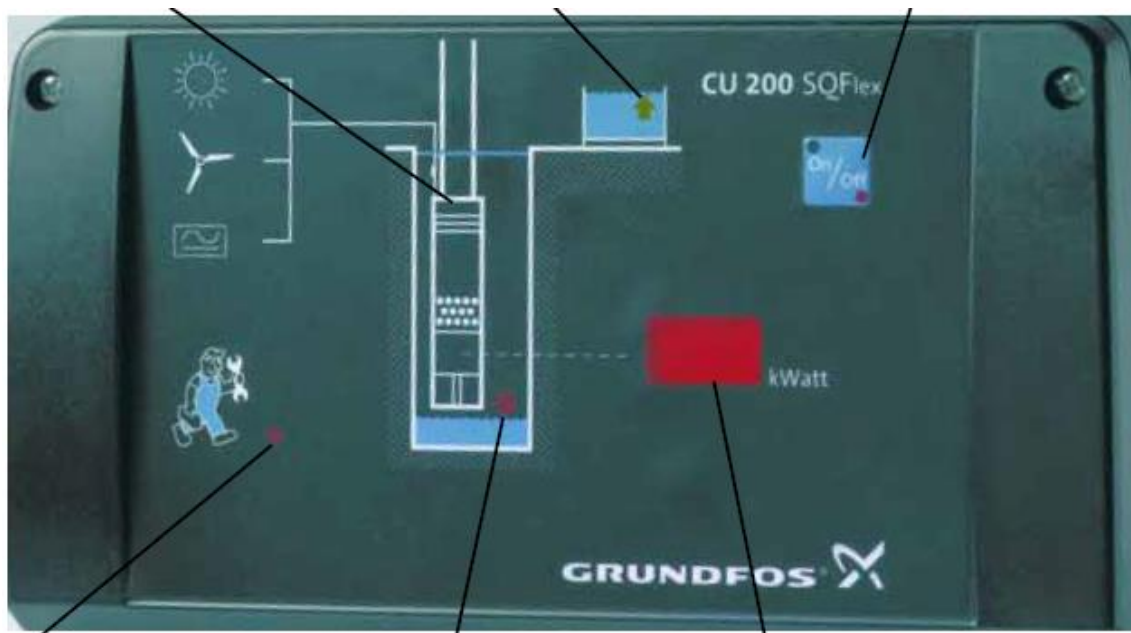


Figura 45: Controlador de bomba (Fuente: Grundfos, 2023)

3.10 PLANO DE LA INSTALACIÓN

En la siguiente imagen se representa un croquis de la instalación.

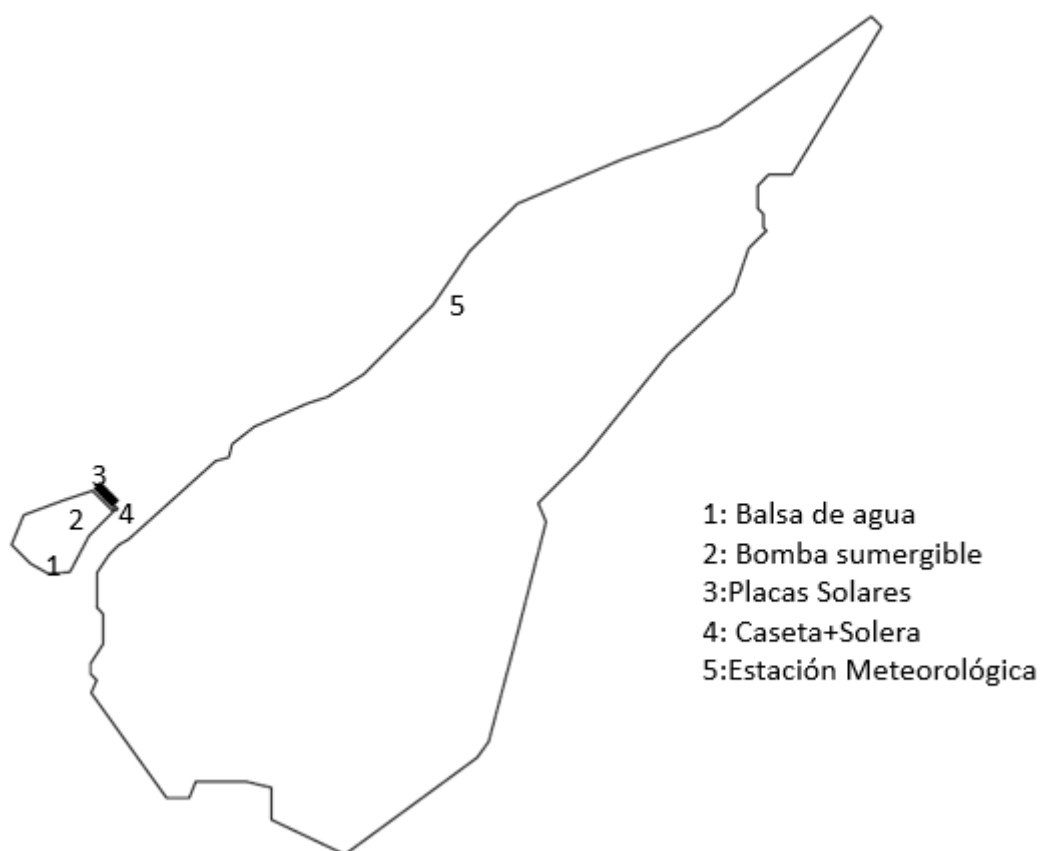


Figura 46: Croquis de la instalación (Fuente: Elaboración propia, 2023)

La bomba sumergible se encuentra dentro de la balsa de acumulación, junto ella se colocarán la instalación de placas solares, la caseta y la solera. Dentro de la caseta están el cuadro eléctrico y el variador de frecuencia, además, de los filtros y el dispositivo Agronic. Dado que los depósitos de fertilizante deben estar colados en el exterior, se sitúan en la solera junto con la bomba dosificadora. Por último, la estación meteorológica se ubicará entre los sectores cinco y seis donde tendrá conexión directa con el monocable.

3.11 CONCLUSIONES

En este capítulo se ha desarrollado todo el sistema de riego de la plantación, valorando desde las condiciones atmosféricas hasta todos los elementos necesarios para que cada olivo sea regado individualmente.



Se ha visto el gasto de agua necesario, se ha valorado la capacidad de la balsa existente, llegando a la conclusión de que no es suficiente el agua retenida para las hectáreas a regar, se ha determinado ampliarla y así aumentar el volumen de agua acumulada y disponible.

Se han elegido dos filtros de arena junto con uno de malla para evitar que las tuberías portagoteros se atasquen.

Todo el entramado de tuberías se ha desarrollado estudiando la nivelación del terreno, buscando siempre el mejor rendimiento y asegurando el riego. Para ello, se van a utilizar seis tipos de tuberías para garantizar que la instalación funcione correctamente según las necesidades.

Por último, se ha determinado que se va a necesitar una bomba de 20CV para que pueda regar el sector que corresponda.



CAPÍTULO IV: INSTALACIÓN SOLAR

En este capítulo se va a dimensionar la instalación fotovoltaica tanto para el bombeo como para el cortijo. En caso del bombeo se ha utilizado la potencia de la bomba para calcular el número de paneles necesarios. A su vez, se han calculado el número de paneles por string que teniendo en cuenta el variador de frecuencia. Por último, se ha elegido la estructura sobre la que se apoyarán las placas.

En cuanto a la instalación del cortijo, se han tenido en cuenta unos posibles consumos con sus respectivas horas para dimensionar la instalación. Se han analizado tanto las baterías a usar, el número de paneles y la energía instalada. Por último, se han añadido todos los elementos que se necesitan en la instalación.

4.1 INSTALACIÓN SOLAR PARA BOMBEO

4.1.1 Dimensionamiento de placas para riego

La bomba que se va a utilizar es de 20CV, que equivale a 14,91KW, la potencia pico de los paneles solares instalados debe ser como mínimo el doble para poder garantizar el correcto funcionamiento. Otro elemento para tener en cuenta son los strings, que son el número de paneles conectados en serie. De este valor va a depender el variador que tiene una potencia máxima de 800W, en invierno funciona al 90% por lo que este valor se reduce a 720W. Este valor es el determinante para el número de placas en serie.

Las placas solares que se van a usar tienen una potencia de 460W y una tensión de continua de 49VdC, multiplicando este valor por el número de paneles se debe obtener aproximadamente 720W.

$$n^{\circ} \text{ placas por string} = \frac{P_{max}}{V_{dC}} = \frac{720}{49} = 14,87 \text{ paneles} \quad [21]$$

Por lo tanto, van a ir 15 paneles en serie, no importa que se supere un poco los 720W del variador. Como se necesita como mínimo una potencia de 29,82kW y las series son de 15 paneles, el número total de paneles que se van a utilizar son:

$$n^{\circ} \text{ total strings} = \frac{P_{total}}{P_{string}} = \frac{29,82kW}{14,87 \cdot 0,46kW} = \frac{29,82}{6,9} = 4,32 \text{ strings} \quad [22]$$

Como debe ser un número entero, se coge el próximo mayor. Por lo tanto, la instalación tendrá 5 strings, formado cada uno de ellos por 15 paneles sumando un total de 75 paneles y, por consiguiente, una potencia pico total instalada de 34,5kW.



En la siguiente imagen se muestra la conexión de los strings al variador de frecuencia, además de la bomba.



Figura 47: Variador de frecuencia (Fuente: Inversolar, 2023)

4.1.2 Estructura de placas

Las placas se colocarán directamente sobre el suelo, para ello, se utilizarán bloques de hormigón de la marca solarblock. El beneficio de usar este tipo de soportes es que no necesitan solera donde fijarlas, sino que pueden ir directamente sobre el suelo. La inclinación de la estructura será de 28, 5°.

En la siguiente imagen aparecen las placas sobre estas estructuras.



Figura 48: Placas solares sobre tierra (Fuente: Elaboración propia, 2021)

Las placas se colocarán alrededor de la charca buscando la máxima radiación solar y la menor pérdida de carga en el transporte. Los paneles solares miden 1.903x1.134x30 mm, por lo que si se colocaran todos en línea se necesitaría una distancia de 142,73m que es más largo que el lateral de la balsa. Por ello, se van a colocar en cinco filas, de tal manera que por cada una de ellas habrá 15 paneles. De esta manera, habrá un string por fila. La superficie ocupada será de aproximadamente 30mx 9,67m teniendo en cuenta que hay que se dejará un espacio de un metro entre las filas para que las placas no se den sombra unas a otras.

En la siguiente imagen se muestra un croquis de la posible colocación de las placas. Se ha elegido orientación suroeste porque como se va a ver en el siguiente apartado, es una de las mejores opciones estudiando la situación geográfica de la finca.



Figura 49: Croquis paneles (Fuente: Elaboración propia con Autocad 2024, 2023)

Por último, aquí se muestra un esquema unifilar de la instalación de placas.

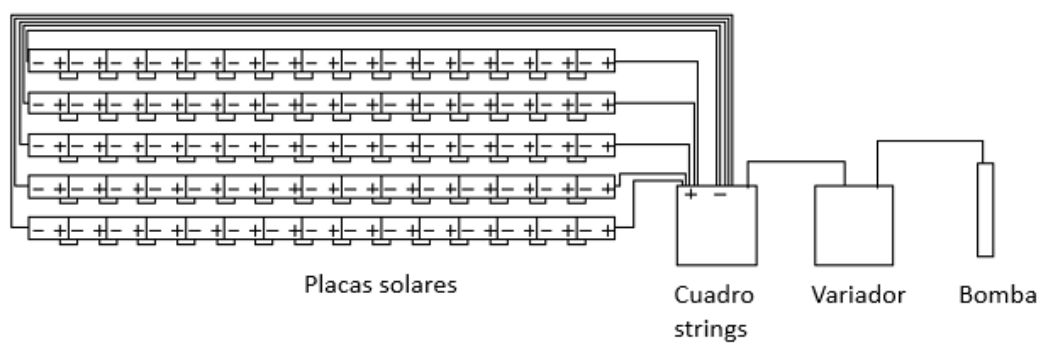


Figura 50: Esquema unifilar instalación (Fuente: Elaboración propia, 2023)

4.2 INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA DEL CORTIJO

En este Proyecto también se va a dimensionar la instalación eléctrica de cortijo. Actualmente cuando se ha necesitado luz se recurre a un motor diésel, pero se van a estimar los gastos que supondría la instalación solar. Cabe destacar que la instalación de cableado ya está realizada,



solo se van a dimensionar la potencia necesaria, baterías e inversor que harían falta en el caso de que se realizase la transformación.

La instalación de placas se realizaría en la parte superior del tejado, se colocarían en la zona que permita una mayor captación de horas de sol. En la imagen siguiente aparece una vista aérea de la casa y naves adyacentes con sus respectivas cubiertas, la imagen está centrada con los ejes de coordenadas.



Figura 51: Vista aérea del cortijo (Fuente: Elaboración propia a través de Google Maps, 2023)

Para dimensionar la instalación hay factores clave que hay que estudiar, estos son: orientación de las placas, ángulo de inclinación del tejado, consumos diarios, potencia de las baterías y potencia de las placas.

Los primeros elementos para estudiar son la orientación de las placas y la inclinación. Para ello se ha buscado la variación del azimut según la época del año y las horas del día. Se representa en la siguiente imagen:

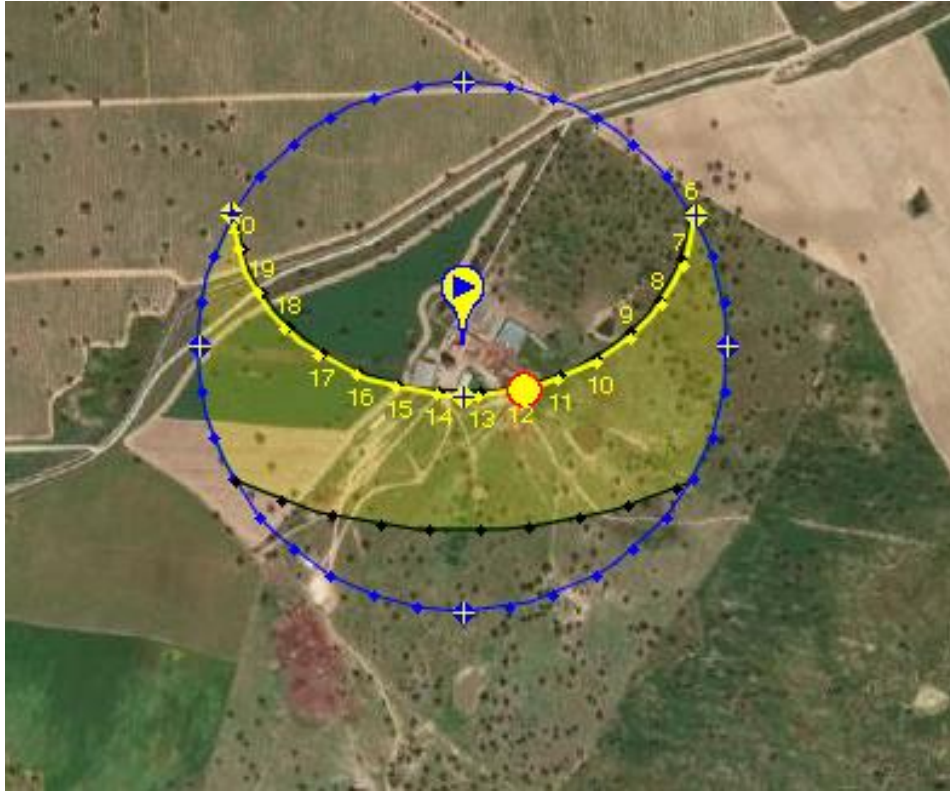


Figura 52: Variación del Azimut del sol (Fuente: SunEarthTools, 2023)

La línea gruesa amarilla que aparece refleja la posición del sol la hora en verano, la parte coloreada representa la variación de la posición del sol durante el resto del año siendo la línea límite en invierno cuando los días son más cortos.

La orientación ideal es la sur pero dado que no hay ningún tejado que siga esta dirección, se va a elegir la orientación del tejado suroeste ya que es el lado que mayor superficie tiene para que, en el caso de que se quiera ampliar la instalación, haya suficiente espacio y no surja ningún problema. Y el otro aspecto a tener en cuenta es la inclinación del tejado, que es de 30°, perfecta para captar la máxima radiación solar, ya que lo recomendado es que se coloquen con un ángulo entre 20° y 40°.

4.2.1 Consumos

El siguiente elemento a tener en cuenta es el de los consumos previstos, que se muestran en la siguiente tabla. Se han añadido los elementos principales del cortijo y junto a ellos, la potencia de cada uno y las horas estimadas de uso, todo esto se ha calculado para el caso más desfavorable que sería verano, estación en la que el consumo de energía es mayor en las labores agrícolas y ganaderas.



Elemento	Potencia (W)	Horas/día	Wh/día
Frigorífico	40	24	960
10 bombillas led	15x10	2	300
Microondas	800	0,25	200
Carga móvil	15	4	60
Carga ordenador	250	2	500
Bomba agua	2800	2	5600
Caminador	750	2	1500
Total			9120

Tabla 17: Consumos del cortijo (Fuente: Elaboración propia, 2023)

Cabe mencionar que para la bomba de agua se han estimado dos horas porque este es el tiempo medio que suele tardar en bombear el agua desde el pozo al depósito que se encuentra junto a la casa. El depósito está a cinco metros sobre el suelo por lo que no se necesita bomba de distribución ya que el agua cae por su propio peso. En verano, el depósito con forma de cilindro, de 2,25m de diámetro y 4m de longitud, por lo tanto, un volumen de 16000L, hay que llenarlo casi diariamente ya que los animales de la explotación lo consumen casi todo.

El otro elemento que merece la pena mencionar debido a que no es un consumo habitual en una casa es el caminador. Este elemento sirve para ejercitar a los caballos, está formado por un motor que consume aproximadamente una potencia de 750W. En invierno su uso será menor por la climatología y las horas de luz.

4.2.2 Dimensionamiento batería

Una vez se ha calculado un valor aproximado del consumo diario, se calculará la potencia que necesitan las baterías con la siguiente fórmula:

$$P_{batería} = \frac{P_{consumida} \cdot \text{días} \cdot \text{Factor corrección}}{\text{Profundidad de descarga}} \quad [23]$$



- $P_{\text{Consumida}}$: Potencia estimada que se va a consumir por la instalación (WH/día).
- Días: Número de días que la batería debería tener autonomía sin cargar. En este caso se va a dimensionar con tres días porque el consumo se ha calculado para verano (máximo) y en el resto de las estaciones el consumo será menor.
- Factor de corrección: es necesario incluirlo porque las baterías pierden potencia con el uso. Se va a utilizar 1.05
- Profundidad de descarga: es el límite de descarga, es decir, la máxima energía que se puede consumir de la batería sin que se dañe, en el caso de las de litio, está entre el 80%-100%, se va a utilizar un 80% para estudiar en caso más crítico.

$$P_{\text{batería}} = \frac{9120 \cdot 3 \cdot 1.05}{0.8} = 35910 \text{ Wh} = 35.91 \text{ kWh} \quad [24]$$

La capacidad de las baterías se mide en Ah por lo que para seleccionar la batería habrá que dividir la potencia entre el voltaje, en la siguiente tabla se analizan tres tipos de voltajes: 12V, 24V y 48V:

Baterías	Potencia (kWh)	Voltaje (V)	Intensidad (Ah)
12 voltios	35,91	12	2992,5
24 voltios	35,91	24	1496,25
48 voltios	35,91	48	748,125

Tabla 18: Capacidad de las baterías (Fuente: Elaboración propia, 2023)

4.2.3. Dimensionamiento de potencia instalada

El siguiente elemento por dimensionar es la potencia a instalar en los paneles solares, para ello hay que calcular el consumo anual que se espera:

$$\text{Consumo anual} = \text{Consumo diario} \cdot \text{días año} = 9120 \cdot 365 = 3328 \text{ kWh} \quad [25]$$

Hay que tener en cuenta que el consumo diario se dimensionó en el peor caso, es decir, en verano donde hay más consumo. Por ello se va a instalar menos potencia en los paneles, en concreto, 2750Wp.

Después del análisis realizado, se va a comprobar que la instalación esté bien dimensionada utilizando herramienta PVGIS⁴⁵. Para ello, se ha determinado la ubicación de la finca, como potencia pico se ha tomado el valor 2750Wp, para las baterías se ha redondeado su valor a 36000Wh, en cuanto al limitador de descarga de las baterías, se ha estimado el peor de los casos en baterías de litio, es decir, 80%. Los datos restantes por rellenar eran el consumo diario que se



ha supuesto de 9120Wh, el ángulo de inclinación del tejado de 30° y, por último, el ángulo azimut, que estará orientado al suroeste por lo tanto 225°.

4.2.4 Análisis de resultados

Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente tabla, en ella aparecen el mes, la energía producida por las placas al día, la energía no capturada por estar las baterías al 100% y los porcentajes, tanto de los días en los que se ha llenado la batería como los que se ha descargado completamente.

Mes	Energía Producida (Wh/día)	Energía no capturada (Wh/día)	% Días con batería llena	%Días con descarga completa
Enero	6425.98	18.71	1.01%	80.44%
Febrero	7822.95	123.22	6.25%	42.63%
Marzo	9291.21	646.4	21.17%	12.7%
Abril	9275.67	2094.17	52.08%	0.21%
Mayo	9114.69	3421.13	76.21%	0.4%
Junio	9170.28	4544.97	89.38%	0.0%
Julio	9116.27	5364.84	97.38%	0.0%
Agosto	9113.94	4444.32	95.77%	0.0%
Septiembre	9013.34	2251.83	73.12%	0.0%
Octubre	7940.44	347.17	18.95%	17.14%
Noviembre	6654.06	7.75	1.04%	76.46%
Diciembre	5731.33	0.0	0.0%	98.37%

Tabla 19: Resumen energético de la instalación (Fuente: Elaboración propia a través de PVGIS, 2023)

Observando la tabla se podría determinar que no está bien dimensionado ya que en invierno hay muchos días sin carga y, además, la media de energía producida por día en diciembre es de 5731Wh, pero los dos principales consumos de verano que son el de la bomba y el caminador, en esta época del año se reducen a la mitad. Por lo que quedaría un consumo máximo de 5570Wh, que se cubriría de sobra con la instalación solar.

A continuación, se muestran los datos en forma de gráfico obtenidos con la misma herramienta:

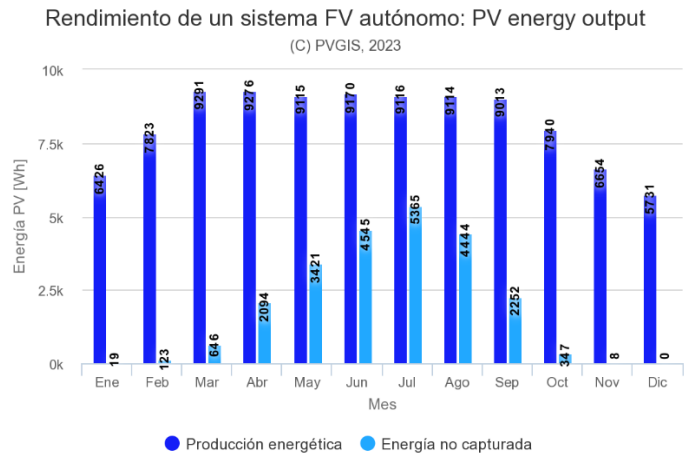


Tabla 20: Rendimiento instalación eléctrica (Fuente: PVGIS, 2023)

4.2.5 Dimensionamiento de paneles

Como se ha visto anteriormente, para esta instalación se necesita una potencia pico de 2750Wp. Para determinar la energía instalada son necesarios cuatro parámetros: el número de paneles, la potencia de cada panel, la hora solar pico (HSP) y el rendimiento de la instalación.

Se va a calcular la energía de la instalación teniendo con la siguiente ecuación:

$$E_{instalación} = n_{paneles}^o \cdot P_{panel} \cdot HSP \cdot \eta \quad [26]$$

La potencia pico total aportada por todos los paneles es directamente 2750Wp. En segundo lugar, HSP mide los datos de irradiación solar, para obtener un valor aproximado se ha usado PVGIS teniendo en cuenta que el tejado tiene una inclinación de 30º, los valores obtenidos se muestran en la siguiente tabla:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
3,50	5,37	5,47	5,47	6,81	7,37	7,67	7,54	6,30	5,43	3,67	3,12

Tabla 21: HSP en el cortijo con inclinación de tejado 30º, (Fuente: Elaboración propia a través de PVGIS, 2020)

Por último, el rendimiento de la instalación no se va a considerar del 100% ya que se va a tener en cuenta que los paneles se pueden ensuciar o degradarse un poco, por ello se toma el valor del 90%.



Aplicando la ecuación anterior se obtiene la media de energía generada al día de media según el mes en WH:

Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
8.663	13.291	13.538	13.538	16.855	18.241	18.983	18.662	15.593	13.439	9.083	7.722

Tabla 22: Energía instalada (Fuente: Elaboración propia, 2023)

Observando estos resultados, teniendo en cuenta el consumo que se tiene, la instalación estaría bien dimensionada ya que al día se cubren las necesidades de energía requeridas. La energía sobrante permite cargar las baterías para los días en los que no haya sol.

4.3.6. Elementos de la instalación

Para esta instalación se ha seleccionado un kit de autosolar que proporciona todos los elementos necesarios para la instalación de luz.

- 6xPanel Solar 460W-24V-Monocristalino PERC Tensite: Este panel está compuesto por 144 células que proporcionan un muy buen rendimiento. La tecnología PERC hace que el rendimiento se incremente un 21.16% más que en paneles de las mismas dimensiones, por lo tanto, puede garantizar una mejor producción con menor tamaño. Este incremento en el rendimiento no se traduce únicamente en la potencia absoluta sino también en la captación de rayos de sol.
- 2xBatería de Litio 2.4kWh Pylontech US2000C-48V: Batería de ion litio que cuenta con BMS interno que se encarga de distribuir la energía entre las celdas y los módulos para controlar la sobrecarga y descarga en exceso. Como se comentó en el apartado de las baterías, es un elemento fundamental para asegurar la larga vida de las baterías.
- 1x Inversor Rack 3000W-48V Voltronic Axpert King: este tipo de inversor permite juntar todos los elementos de control necesarios para la instalación. Cuenta con una pantalla LCD que permite ver el estado de la carga de las baterías, a la vez que su tensión los amperios que entran de los paneles solares y los que salen de las baterías. Al ser un inversor de 3000W, no hay problema con las placas ya que estas suman una potencia pico de 2760W, menor a la potencia máxima del inversor.
- 1x Estructura para placas 6 paneles 30-45mm Coplanar Falcat: las placas necesitan una estructura sobre el tejado para sujetarlas. Este tipo de estructura se coloca directamente sobre el tejado consiguiendo tener la misma inclinación y orientación que este.
- 1x Brackets Pylontech 3,5kWh US3000-48V: este elemento permite que los módulos de batería de litio se conecten de forma segura con el espacio de ventilación necesario



entre los módulos y la sujeción adecuada. Son obligatorios mientras este modelo de batería no disponga de armario rack.

- 2x Brackets Pylontech 2.4kWh US2000-48V: estos elementos permiten que los módulos de batería de litio se conecten de forma segura con el espacio de ventilación necesario entre los módulos y la fijación adecuada. Son obligatorios mientras este modelo de batería no disponga de armario rack.
- 1x Cable Pylontech LV Batería-Inversor: este cable es necesario porque como su nombre indica, permite conectar la potencia y datos entre las baterías y los inversores, Son cables de sección AWG de 4 y 2 de longitud que pueden llegar a soportar 120A y cuentan con un cable de comunicaciones de 3 metros con crimpado para comunicaciones CAN.
- 1x Cable comunicación Pylontech- Voltronic: cable de comunicación para conectar los inversores a la batería.

A continuación, se muestra un esquema de la instalación:

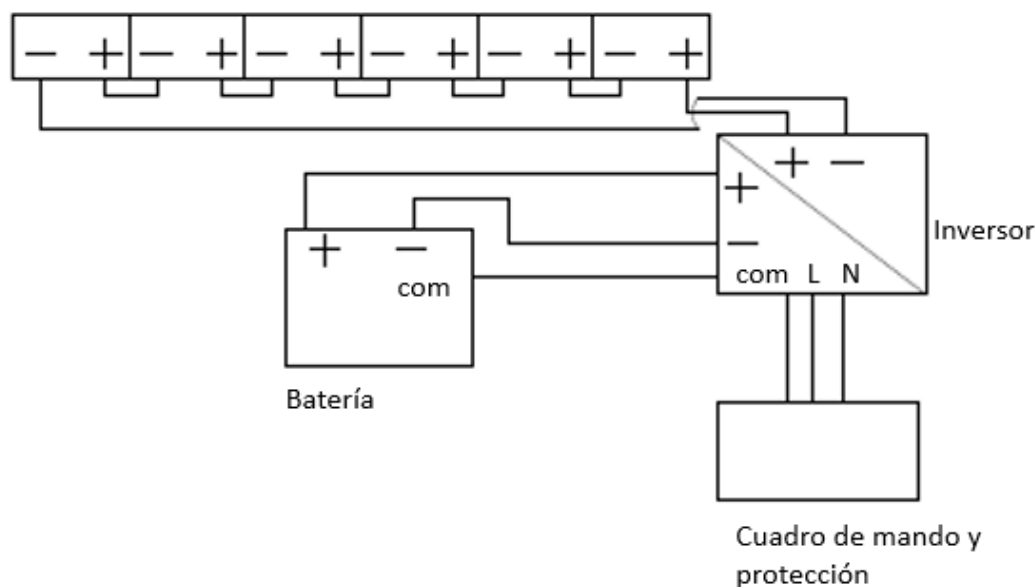


Figura 53: Esquema Instalación del cortijo (Fuente: Elaboración propia, 2023)

4.3 CONCLUSIONES

Se ha determinado que, para la instalación de regadío, lo más propicio es utilizar 75 paneles de 460W cada uno. Habrá 5 strings, por lo tanto, 15 paneles en serie por cada string. En cuanto a la estructura, se ha decidido que sea de hormigón.



Por otro lado, en el cortijo, se ha estudiado la mejor orientación de las placas, que será la misma que en la instalación de regadío, es decir, suroeste. Se ha determinado que se necesitan 6 paneles de 460W para poder suministrar la energía necesaria. En esta instalación sí que se necesitan baterías, y se usarán dos de litio además de un inversor. Las placas irán ancladas al tejado mediante unos soportes de aluminio.



CAPÍTULO V: PRESUPUESTO Y VIABILIDAD ECONÓMICA

En este capítulo se va a estimar el presupuesto y se va a realizar un análisis de viabilidad económica. El presupuesto se dividirá en dos, uno será el presupuesto de la instalación de riego, y el otro la del cortijo.

Para la viabilidad económica, en los olivos, se estudiarán dos posibles casos según la venta, que puede ser de aceituna o aceite. En el cortijo se han contrastado los datos con el coste que supondría el consumo anual si estuviera conectado a la red.

5.1 PRESUPUESTO

5.1.1 Presupuesto Instalación Riego

Para el presupuesto se han tenido en cuenta las obras que se tienen que realizar, el material de riego y el material fotovoltaico. Para los elementos de la instalación de riego, se ha pedido presupuesto a una empresa de instalación de sistemas de regadíos que es Cristóbal Cansado S.L. A continuación, se muestra una tabla resumen del presupuesto proporcionado:

Instalación de Riego	Coste	IVA	Coste total
Programador Agronic	5.256	1.104	6.359
Equipo bombeo	8.558	1.797	10.355
Equipo Fotovoltaico	20.759	4.359	25.118
Equipo de filtrado	5.724	1.202	6.927
Red tuberías	61.417	12.898	74.315
Fertirrigación	2.605	547	3.152
Elementos singulares	19.521	4.099	23.620
Total	123.840	26.006	149.846

Tabla 23: Presupuesto Instalación de Regadío (Fuente: Cristóbal Cansado S.L., 2023)

Las obras de excavación de la balsa y su forrado de PVC aparecen en la siguiente tabla junto con los costes de la construcción de caseta y las zanjas 1x1 donde van enterradas las tuberías principales y secundarias.

Elemento	Precio	Cantidad	Coste	IVA	Coste Total
PVC	8€/m ²	7.387,2	57.842	12.147	69.989
Excavación+ Mano obra			33.058	6.942	40.000
Obras de caseta			16.529	3.471	20.000
Zanjas tuberías	7€/m ²	3.415	22.579	4.741	27.320
Total			130.007	27.301	157.309

Tabla 24: Costes de obra (Fuente: Elaboración propia, 2023)



Por último, hay que tener en cuenta las plantas, se van a utilizar 59.613 olivos de variedad arbequina. A continuación, se muestra una tabla con sus costes, los datos han sido proporcionados por CBH, empresa que proporciona asesoramiento en olivares. El IVA aplicado a productos para la agricultura es del 10%.

Elemento	Precio	Unidades	Coste	IVA	Coste total
Planta	1,0	59.613	59.613	12.519	72.132
Plantación	0,6	59.613	35.768	7.511	43.279
Tutores	0,3	59.613	17.884	3.756	21.640
Protectores	0,2	59.613	11.923	2.504	14.426
Atados de planta	0,1	59.613	5.961	1.252	7.213
Total			131.148,6	13.114,86	144.263,46

Tabla 25: Costes olivos (Fuente: Elaboración propia, 2023)

Por lo tanto, sumando los datos de riego, de obra que hay que realizar y los costes de los olivos se obtiene el siguiente coste total:

Resumen	Coste total
Instalación riego	144.263,46
Obras	157.308,55
Olivos	216.398,00
Total	517.970,01

Tabla 26: Resumen de gastos totales instalación de regadío (Fuente: Elaboración propia, 2023)

5.1.2 Presupuesto instalación cortijo

Para la instalación del cortijo, se va a utilizar un Kit solar proporcionado por Autosolar, y tendría el siguiente coste:

Elemento	Coste	IVA	Coste Total
Instalación Solar del Cortijo	3.436	722	4.157

Tabla 27: Costes instalación cortijo (Fuente: Autosolar, 2023)



5.2 VIABILIDAD ECONÓMICA

5.2.1 Plantación de olivos

Una vez que se ha hecho la inversión inicial, se va a calcular el beneficio neto del Proyecto. Los gastos anuales de mantenimiento en la instalación los ha proporcionado Jose María Nogales Requena.

Gastos de Mantenimiento	Coste ha/año	0	1	2	3	4	5	6	7	
Herbicidas	127	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Fitosanitarios	210	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Riego	150	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Fertirrigación	230	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Poda	100	200%	200%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Gastos de Cosecha	Coste ha/año	0	1	2	3	4	5	6	7	
Recolección	300	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%	100%	
Transporte aceituna	250	0%	0%	0%	40%	65%	100%	100%	100%	
Molturación	576	0%	0%	0%	40%	65%	100%	100%	100%	
Varios	100	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	
Ingresos	€/kg	Unidad	0	1	2	3	4	5	6	7
Precio de venta aceite	4,5	€/kg	0%	0%	0%	45%	75%	100%	100%	100%
Precio de venta aceituna	0,5	€/kg	0%	0%	0%	45%	75%	100%	100%	100%

Tabla 28: Costes de mantenimiento (Fuente: Jose M. Nogales, 2022, 2023)

En la siguiente página se muestra el beneficio esperado. Se han tomado varias hipótesis y se han hecho dos estudios ya que se puede comercializar la aceituna como materia prima o el aceite, es decir, el producto final.

- Gastos de mantenimiento: En los dos primeros años, hay más costes de poda porque el árbol es muy pequeño y la poda es manual.
- Recolección: Se va a suponer que el tercer año se empieza a recoger aceituna, el árbol es todavía pequeño y por lo tanto no da la producción del 100%. Ocurre lo mismo con el cuarto año.
- Molturación: Es un proceso que solo se usa en el caso de que se venda el aceite.
- Ingresos aceite: Se ha tomado un rendimiento del 15%. La producción estimada total a pleno rendimiento ha sido de 16.000kg/ha.
- Ingresos aceituna: Producción tomada a pleno rendimiento sería de 16.000kg/ha.
- Impuestos: Se ha tomado como impuesto un 25% sobre el beneficio bruto.

Con todo ello, se ha calculado el beneficio neto de la instalación. Aparecen dos tablas, una para el caso de que se venda el aceite, y otra en el caso de que se venda la aceituna.

Años		0	1	2	3	4	5	6	7
Gastos de Instalación	Total	523.552	0	0	0	0	0	0	0
Obra, plantación e instalación	523.552	523.552							
Gastos de Mantenimiento	Total	29.069	29.069	25.899	25.899	25.899	25.899	25.899	25.899
Herbicidas	24.155	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026
Fitosanitarios	39.942	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657
Riego	28.530	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755
Fertirrigación	43.746	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291
Poda	25.360	6.340	6.340	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170
Gastos de Cosecha	Total	3.170	3.170	3.170	23.154	29.700	38.864	38.864	38.864
Recolección	28.530	0	0	0	9.510	9.510	9.510	9.510	9.510
Transporte aceituna	16.246	0	0	0	3.170	5.151	7.925	7.925	7.925
Molturación	37.431	0	0	0	7.304	11.868	18.259	18.259	18.259
Varios	19.020	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170
Total Gastos	786.513	555.791	32.239	29.069	49.053	55.599	64.763	64.763	64.763
Ingresos	Total	0	0	0	149.202	248.670	331.560	331.560	331.560
Venta Aceite	729.432	0	0	0	149.202	248.670	331.560	331.560	331.560
Total Ingresos	729.432	0	0	0	149.202	248.670	331.560	331.560	331.560
BAI	476.512	-555.791	-32.239	-29.069	100.149	193.071	266.797	266.797	266.797
Impuestos	-273.403	0	0	0	-25.037	-48.268	-66.699	-66.699	-66.699
Beneficio Neto	203.109	-555.791	-32.239	-29.069	75.112	144.804	200.098	200.098	200.098

Tabla 29: Beneficio Neto con venta de aceite (Fuente: Elaboración propia, 2023)



Año		0	1	2	3	4	5	6	7
Gastos de Instalación	Total	523.552	0	0	0	0	0	0	0
Obra, plantación e instalación	523.552	523.552							
Gastos de Mantenimiento	Total	29.069	29.069	25.899	25.899	25.899	25.899	25.899	25.899
Herbicidas	24.155	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026	4.026
Fitosanitarios	39.942	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657	6.657
Riego	28.530	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755	4.755
Fertirrigación	43.746	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291	7.291
Poda	25.360	6.340	6.340	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170
Gastos de Cosecha	Total	3.170	3.170	3.170	15.850	17.831	20.605	20.605	20.605
Recolección	28.530	0	0	0	9.510	9.510	9.510	9.510	9.510
Transporte aceituna	16.246	0	0	0	3.170	5.151	7.925	7.925	7.925
Varios	19.020	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170	3.170
Total Gastos	749.082	529.892	6.341	3.172	3.173	3.174	3.175	3.176	3.177
Ingresos	Total	0	0	0	110.520	184.200	245.600	245.600	245.600
Venta Aceituna	540.320	0	0	0	110.520	184.200	245.600	245.600	245.600
Total Ingresos	540.320	0	0	0	110.520	184.200	245.600	245.600	245.600
BAI	476.240	-529.892	-6.341	-3.172	107.347	181.026	242.425	242.424	242.423
Impuestos	-253.911	0	0	0	-26.837	-45.257	-60.606	-60.606	-60.606
Beneficio Neto	222.328	-529.892	-6.341	-3.172	80.510	135.770	181.819	181.818	181.817

Tabla 30: Beneficio Neto con venta de aceituna (Fuente: Elaboración propia, 2023)



Como se puede observar en las tablas, la venta de aceituna produce más beneficios actualmente que la del aceite. En uno u otro caso la instalación estaría amortizada al sexto año. A continuación, se muestra un gráfico que representa la amortización de la instalación vendiendo la aceituna.



Figura 54: Recuperación de la inversión (Fuente: Elaboración propia, 2023)

En la siguiente tabla se muestran el VAN y el TIR de la inversión, como se puede observar el proyecto tiene rendimientos muy altos. Se ha tomado una tasa de descuento del 10% y con ella el valor actual neto de la instalación es considerable.

TIR desapalancada	63%
Tasa de Descuento	10%
Años	20
Inversión inicial	529.892
VAN	533.200,29 €

Tabla 31: Análisis económico (Fuente: Elaboración propia, 20223)

5.2.2 Instalación del cortijo

La instalación producirá de media 13,8kWh al día según el fabricante. Si se tiene en cuenta que el kWh hora cuesta una media de 0,5€/kWh, si esta energía se consumiera de la red, supondría un coste total de 2.518,5€ anuales. El coste de la instalación es de 4.157,28€, por lo tanto, en menos de dos años, se habría recuperado la inversión hecha.

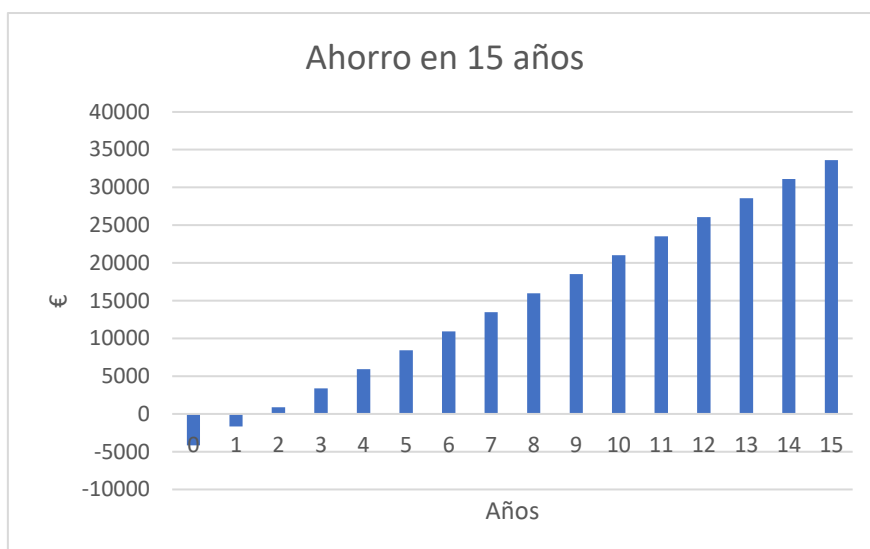


Figura 55: Ahorro en 15 años (Fuente: Elaboración propia, 2023)

5.3 CONCLUSIONES

Analizando los distintos parámetros mencionados en la introducción, se ha llegado a la conclusión de que este proyecto es viable. Actualmente, los precios de aceituna y aceite son mayores de los que se han utilizado para este análisis por mantener una postura más conservadora. Con todo ello, si los precios siguen subiendo al mismo ritmo que en los últimos años, este proyecto sería aún más rentable si cabe. Con el análisis hecho, al sexto año ya se habría recuperado la inversión inicial.

Por último, en cuanto a la instalación del cortijo, también sería rentable ya que al segundo año se habría recuperado la inversión en el caso de que se consumiera energía de red.



CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES

El objetivo de este Proyecto, poner en riego una plantación superintensiva de olivos recurriendo a la energía solar como energía renovable junto a las mejoras energéticas del cortijo, se consigue con todos lo expuesto en los capítulos anteriores.

Se va a conseguir que tierras que, por tradición, son de secano, con escasa productividad, se transformen en campos de olivos los cuales, gracias al sistema de riego planteado, tienen un crecimiento más rápido aumentando así su productividad y, en consecuencia, un mayor beneficio en plazos de tiempo más cortos. Los cálculos que se han hecho de la producción de aceituna van a conseguir sacar rentabilidad al campo.

El agua retenida en los pantanos del Plan Badajoz, distribuida a través de canales, llega a las distintas parcelas y será repartida gracias a todo el sistema diseñado de bombas, tuberías, válvulas, contadores, manómetros, etc. Los cálculos realizados en la evapotranspiración total van a facilitar determinar las necesidades hídricas del olivar. A su vez, el medir los tiempos de riego, así como estimar las pérdidas de carga totales de las tuberías, han ayudado a la hora de elegir la bomba más adecuada. Sobredimensionar la balsa actual, señalar los sectores de riego y hacer el mapa de tuberías y válvulas son necesarios para conseguir una buena eficiencia en la distribución y ahorro del agua. Todos estos datos hacen que el Proyecto sea viable.

Llevarlo a cabo se consigue a través de la energía de las placas solares, elegidas valorando su potencia, rendimiento y eficiencia. En la electrificación del cortijo, las tablas realizadas que muestran la colocación de las placas o la capacidad de las baterías son viables, influyendo en ello el gráfico hecho sobre el azimut del sol y el de la potencia aportada por los paneles según la inclinación del tejado.

La transformación eléctrica para las necesidades del cortijo va a facilitar el buen funcionamiento de este en su día a día, ampliando las posibilidades de aumentar nuevos elementos de apoyo a la ganadería, como el caminador para caballos, o tener agua corriente sin necesidad de recurrir al motor actual que alimenta la bomba que llena el depósito. Todo esto lleva a reducir los costes y a facilitar las labores agrícola-ganaderas.

En el estudio de viabilidad económica se ha visto que la inversión inicial se recupera, al sexto año se empiezan a obtener beneficios, obteniendo una rentabilidad considerable en años sucesivos.



La inversión inicial en el cortijo se amortiza a los dos años, suponiendo un gran ahorro a la larga, debido a que la instalación de las placas solares tiene una vida útil de aproximadamente 15 años.



CAPÍTULO VII: REFERENCIAS

1. *Sigpac*. 2023. Visor de mapas.
2. Gómez Pompa, Pedro. 2002. *Agricultura: Revista agropecuaria y ganadera*.
3. *Weather Spark*. 2023. *Nubosidad en Badajoz en 2022*.
4. *Naciones Unidas*, 2015, Objetivos de desarrollo sostenible.
5. *Syngenta*. 2022. *Panorama mundial del olivar*
6. Vilches Varo, Francisco J. 2021. *Olivar tradicional, España también líder*. Unicaja.
7. MAPA, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación s.f. Aceite de Oliva.
8. Universidad de Jaén 2020. Informe Anual del sector oleícola en 2020.
9. Ortiz, Natalia. 2021. Variedades olivareras. Agrónoma. ABC de Sevilla.
10. Balam Agriculture. 2020. Evolución del precio del aceite de oliva en España.
11. Agromillora. 2020. Cultivos de Olivo en seto.
12. Toscano. 2023. Bombeo solar.
13. Autosolar. s.f. Catálogo de bombas de agua.
14. IAGUA. Bombas sumergibles SPE con rotor de imanes permanentes.
15. Oddesse. 2023. Motores Sumergibles.
16. Oil Production. 2016. Especialización en sistemas fotovoltaicos Motores de Imán Permanente (PMM) en bombeo electrosumergible (ESP).
17. Novomet. s.f. Motores de imanes permanentes.
18. Agronic. 2020. Catálogo e Instrucciones del producto.
19. Orgaz y Fereres. 1999. Cultivo del olivo
20. FAO. 2006. Evapotranspiración del cultivo.
21. Prakor. 2023. Sistemas de riego.
22. Intagri. 2023. Sistemas de riego por goteo.
23. Copersa. 2023. Elementos de riego.
24. Amiad. 2023. Elementos de riego
25. Mundo riego. 2023. Suministro de sistemas de riego.
26. REE .2023. Evolución de la potencia instalada de autoconsumo.
27. Renova Energía. 2023. Sistemas Solares Fotovoltáicos Conectados o de Conexión a Red Pública.
28. Incober. 2021. Ventajas y desventajas de una instalación fotovoltaica en red.
29. SolarPlak. 2023. Elementos fotovoltaicos <https://solarplak.es/>
30. Celsia. 2018. Paneles solares ¿cómo funcionan?.



31. Seslab. 2020. Fabricación paneles solares. Especialización en sistemas fotovoltaicos.
32. Bing solar. 2023. Paneles solares.
33. Mibet energy. 2023. Catálogo de riego
34. Solarbloc. 2022. Catálogo de estructuras.
35. Autosolar 2023. Regulador de carga.
36. REDAREX s.f. Información meteorológica de Don Benito.
37. Cicytex 2023. El cultivo del olivo en Extremadura
38. Redalyc.2020. Rediseño óptimo de la red presurizada.
39. Macoglass 2023. Mallas y plásticos para estanques
40. Lama. 2023. Filtros para instalaciones de riego.
41. Hidráulica fácil. 2017. Solución de la ecuación de Colebrook.
42. Bedoya M. y Montiel V. 2016. Revista de Ingeniería y Región. Estrategias para estimar el coeficiente de uniformidad en laterales de riego.
43. *PVGIS. 2023. Sistema de Información Geográfica Fotovoltaica.*
44. Sun Earth Tools. 2023. Cálculo del Azimut de sol en cualquier localización.



CAPÍTULO VIII: ANEXOS

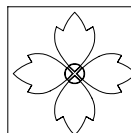
ANEXO I: CABEZAL DE FILTRADO

ACTUALIZADO AL DIA

CABEZAL COMPACTO **FA12X2E**

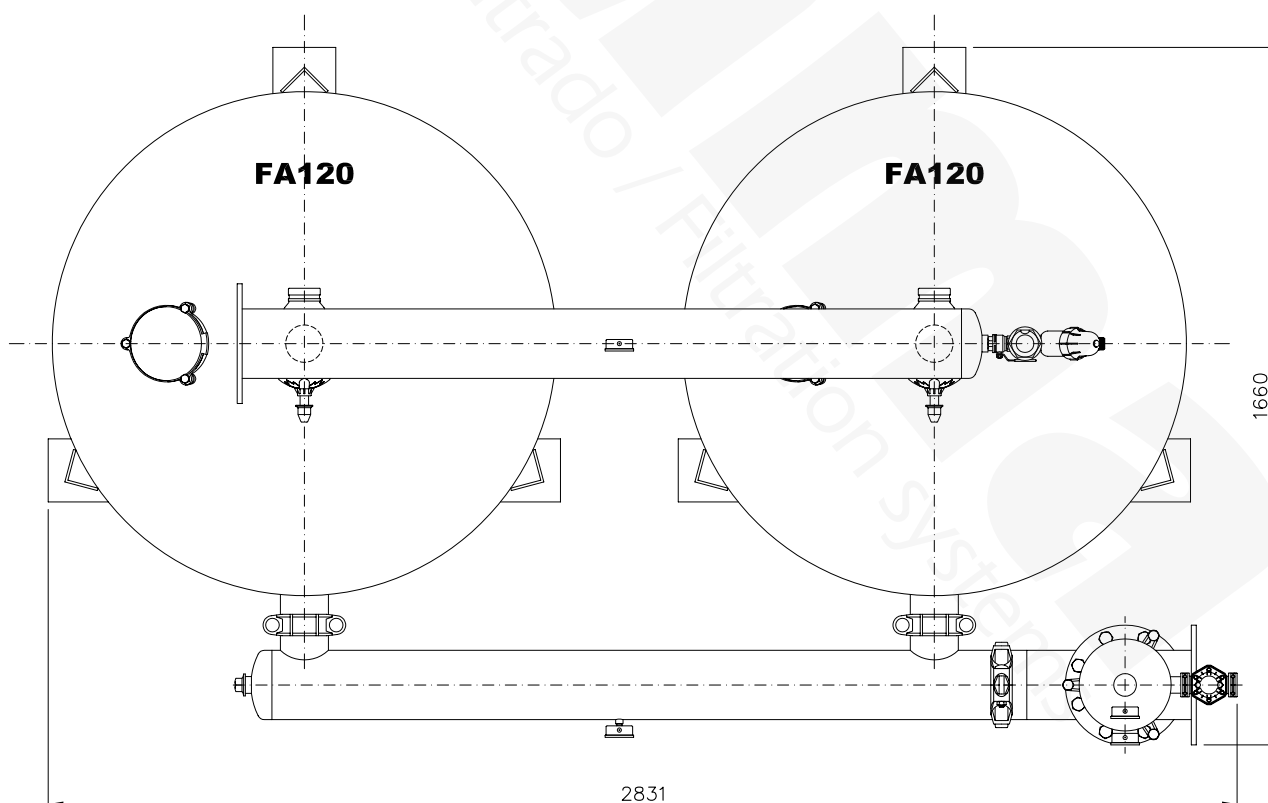
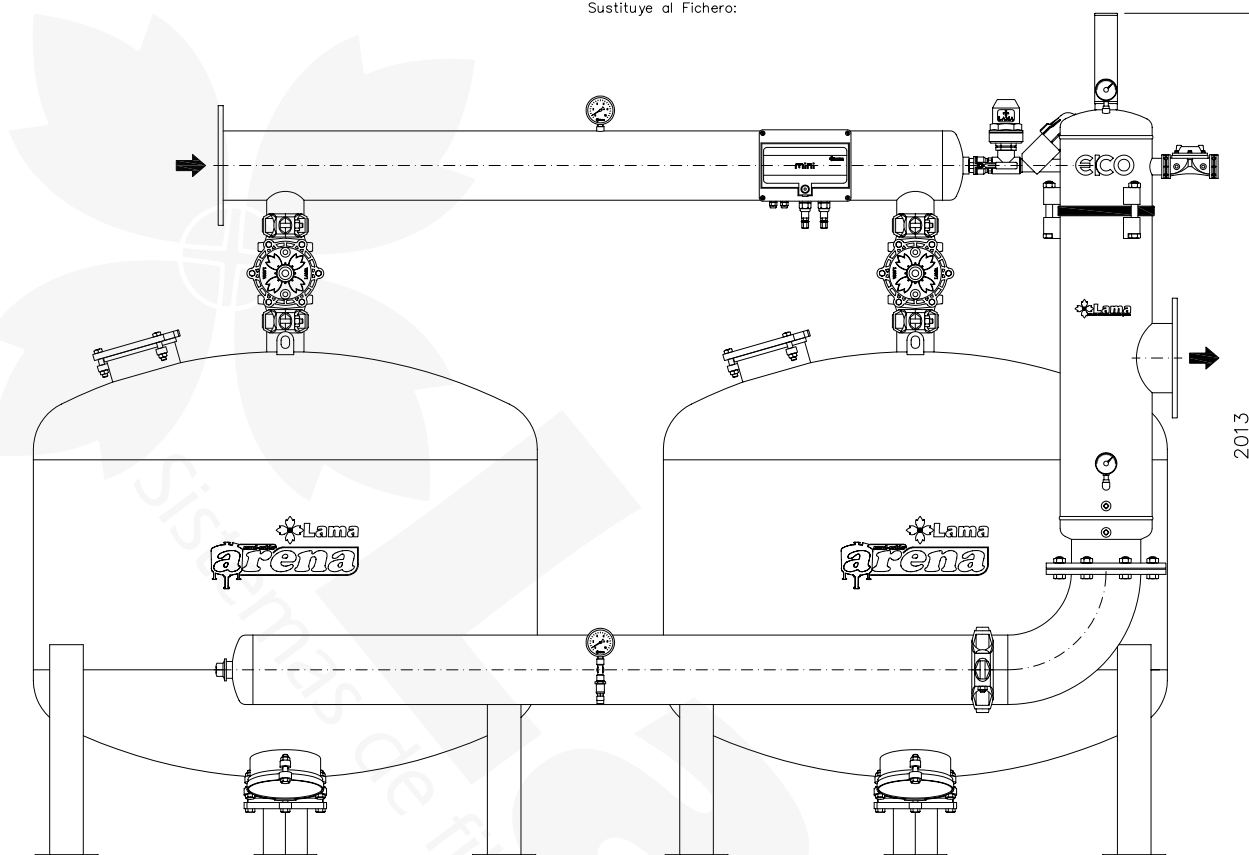
COMPOSICION: 2 FA120 + 1 EK06

LIMPIEZA: AUTOMATICA 22.01.2013



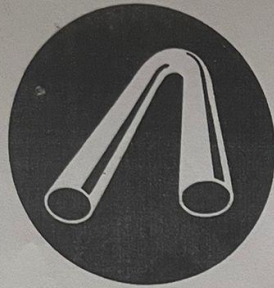
Fichero Actual Dibujo: FA12X2E
Sustituye al Fichero:

ALZADO Y PLANTA. ESCALA 1:18





ANEXO II: PÉRDIDAS DE CARGA NORMALIZADAS



ASADUR
TUBERIAS, S.A.

TABLAS PARA EL CALCULO DE LA PERDIDA DE CARGA EN LAS TUBERIAS ASADUR DE POLICLORURO DE VINILO (PVC)

Geometría de los tubos: UNE 53112
Líquido conducido: Agua potable a presión

FORMULA DE COLEBROOK

Coeficientes de cálculo:

- Rugosidad absoluta (K)... 0,007 mm
- Viscosidad cinemática
del agua a 10°C (v)..... 0,013 cm²/seg



Diámetro exterior..... 160 mm			Diámetro exterior..... 180 mm		
Espesor de pared 4,7 mm			Espesor de pared 5,3 mm		
Presión nominal 6 Kg/cm ²			Presión nominal 6 Kg/cm ²		
VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (l/seg)	PERDIDA DE CARGA (m/1000 m)	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (l/seg)	PERDIDA DE CARGA (m/1000 m)
.25	4.45	.54	.25	5.63	.46
.30	5.34	.69	.30	6.76	.59
.35	6.23	.91	.35	7.89	.79
.40	7.13	1.16	.40	9.02	1.00
.45	8.02	1.43	.45	10.14	1.24
.50	8.91	1.72	.50	11.27	1.49
.55	9.80	2.04	.55	12.40	1.77
.60	10.69	2.39	.60	13.52	2.07
.65	11.58	2.76	.65	14.65	2.39
.70	12.47	3.15	.70	15.78	2.73
.75	13.36	3.57	.75	16.90	3.09
.80	14.25	4.01	.80	18.03	3.47
.85	15.14	4.47	.85	19.16	3.87
.90	16.03	4.95	.90	20.28	4.30
.95	16.92	5.46	.95	21.41	4.74
1.00	17.81	5.99	1.00	22.54	5.20
1.05	18.70	6.54	1.05	23.67	5.68
1.10	19.59	7.12	1.10	24.79	6.18
1.15	20.49	7.71	1.15	25.92	6.69
1.20	21.38	8.33	1.20	27.05	7.23
1.25	22.27	8.97	1.25	28.17	7.79
1.30	23.16	9.63	1.30	29.30	8.36
1.35	24.05	10.32	1.35	30.43	8.96
1.40	24.94	11.02	1.40	31.55	9.57
1.45	25.83	11.75	1.45	32.68	10.20
1.50	26.72	12.50	1.50	33.81	10.85
1.55	27.61	13.26	1.55	34.93	11.52
1.60	28.50	14.05	1.60	36.06	12.20
1.65	29.39	14.86	1.65	37.19	12.91
1.70	30.28	15.69	1.70	38.31	13.63
1.75	31.17	16.54	1.75	39.44	14.37
1.80	32.06	17.42	1.80	40.57	15.13
1.85	32.95	18.31	1.85	41.70	15.90
1.90	33.85	19.22	1.90	42.82	16.70
1.95	34.74	20.16	1.95	43.95	17.51
2.00	35.63	21.11	2.00	45.08	18.34
2.05	36.52	22.09	2.05	46.20	19.18
2.10	37.41	23.08	2.10	47.33	20.05
2.15	38.30	24.10	2.15	48.46	20.93
2.20	39.19	25.13	2.20	49.58	21.83
2.25	40.08	26.19	2.25	50.71	22.75
2.30	40.97	27.26	2.30	51.84	23.69
2.35	41.86	28.36	2.35	52.96	24.64
2.40	42.75	29.47	2.40	54.09	25.61
2.45	43.64	30.61	2.45	55.22	26.60
2.50	44.53	31.76	2.50	56.35	27.60
2.55	45.42	32.94	2.55	57.47	28.62
2.60	46.31	34.13	2.60	58.60	29.66
2.65	47.20	35.35	2.65	59.73	30.72
2.70	48.10	36.58	2.70	60.85	31.79
2.75	48.99	37.84	2.75	61.98	32.88
2.80	49.88	39.11	2.80	63.11	33.99
2.85	50.77	40.41	2.85	64.23	35.12
2.90	51.66	41.72	2.90	65.36	36.26
2.95	52.55	43.05	2.95	66.49	37.42
3.00	53.44	44.41	3.00	67.61	38.60



Diámetro exterior..... 125 mm			Diámetro exterior..... 140 mm		
Espesor de pared 3,7 mm			Espesor de pared 4,1 mm		
Presión nominal 6 Kg/cm ²			Presión nominal 6 Kg/cm ²		
VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (l/seg)	PERDIDA DE CARGA (m/1000 m)	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (l/seg)	PERDIDA DE CARGA (m/1000 m)
.25	2.72	.74	.25	3.41	.64
.30	3.26	.93	.30	4.09	.81
.35	3.80	1.24	.35	4.78	1.07
.40	4.34	1.57	.40	5.46	1.36
.45	4.89	1.93	.45	6.14	1.68
.50	5.43	2.33	.50	6.82	2.03
.55	5.97	2.76	.55	7.50	2.40
.60	6.52	3.23	.60	8.19	2.81
.65	7.06	3.73	.65	8.87	3.24
.70	7.60	4.26	.70	9.55	3.70
.75	8.15	4.82	.75	10.23	4.19
.80	8.69	5.41	.80	10.91	4.71
.85	9.23	6.03	.85	11.60	5.25
.90	9.78	6.69	.90	12.28	5.82
.95	10.32	7.37	.95	12.96	6.42
1.00	10.86	8.08	1.00	13.64	7.04
1.05	11.40	8.83	1.05	14.33	7.69
1.10	11.95	9.60	1.10	15.01	8.36
1.15	12.49	10.40	1.15	15.69	9.06
1.20	13.03	11.24	1.20	16.37	9.79
1.25	13.58	12.10	1.25	17.05	10.54
1.30	14.12	12.99	1.30	17.74	11.32
1.35	14.66	13.90	1.35	18.42	12.12
1.40	15.21	14.85	1.40	19.10	12.94
1.45	15.75	15.83	1.45	19.78	13.79
1.50	16.29	16.83	1.50	20.47	14.67
1.55	16.84	17.86	1.55	21.15	15.57
1.60	17.38	18.92	1.60	21.83	16.50
1.65	17.92	20.01	1.65	22.51	17.45
1.70	18.47	21.13	1.70	23.19	18.42
1.75	19.01	22.27	1.75	23.88	19.42
1.80	19.55	23.45	1.80	24.56	20.44
1.85	20.09	24.65	1.85	25.24	21.49
1.90	20.64	25.87	1.90	25.92	22.56
1.95	21.18	27.13	1.95	26.60	23.65
2.00	21.72	28.41	2.00	27.29	24.77
2.05	22.27	29.72	2.05	27.97	25.91
2.10	22.81	31.05	2.10	28.65	27.08
2.15	23.35	32.42	2.15	29.33	28.27
2.20	23.90	33.81	2.20	30.02	29.48
2.25	24.44	35.22	2.25	30.70	30.72
2.30	24.98	36.67	2.30	31.38	31.98
2.35	25.53	38.14	2.35	32.06	33.27
2.40	26.07	39.64	2.40	32.74	34.57
2.45	26.61	41.16	2.45	33.43	35.90
2.50	27.15	42.71	2.50	34.11	37.26
2.55	27.70	44.29	2.55	34.79	38.63
2.60	28.24	45.89	2.60	35.47	40.04
2.65	28.78	47.53	2.65	36.16	41.46
2.70	29.33	49.18	2.70	36.84	42.91
2.75	29.87	50.87	2.75	37.52	44.38
2.80	30.41	52.58	2.80	38.20	45.87
2.85	30.96	54.31	2.85	38.88	47.38
2.90	31.50	56.08	2.90	39.57	48.92
2.95	32.04	57.86	2.95	40.25	50.49
3.00	32.59	59.68	3.00	40.93	52.07



Diámetro exterior..... 90 mm			Diámetro exterior..... 110 mm		
Espesor de pared 2,7 mm			Espesor de pared 3,2 mm		
Presión nominal 6 Kg/cm ²			Presión nominal 6 Kg/cm ²		
VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (l/seg)	PERDIDA DE CARGA (m/1000 m)	VELOCIDAD (m/seg)	CAUDAL (l/seg)	PERDIDA DE CARGA (m/1000 m)
0.25	1.41	1.13	0.25	2.11	0.87
0.30	1.69	1.40	0.30	2.53	1.09
0.35	1.97	1.86	0.35	2.95	1.45
0.40	2.25	2.35	0.40	3.37	1.83
0.45	2.53	2.90	0.45	3.79	2.26
0.50	2.81	3.50	0.50	4.21	2.72
0.55	3.09	4.14	0.55	4.64	3.23
0.60	3.37	4.84	0.60	5.06	3.77
0.65	3.65	5.58	0.65	5.48	4.35
0.70	3.93	6.37	0.70	5.90	4.97
0.75	4.22	7.21	0.75	6.32	5.62
0.80	4.50	8.09	0.80	6.74	6.31
0.85	4.78	9.02	0.85	7.17	7.04
0.90	5.06	9.99	0.90	7.59	7.80
0.95	5.34	11.01	0.95	8.01	8.60
1.00	5.62	12.07	1.00	8.43	9.43
1.05	5.90	13.18	1.05	8.85	10.30
1.10	6.18	14.33	1.10	9.27	11.20
1.15	6.46	15.52	1.15	9.69	12.13
1.20	6.75	16.76	1.20	10.12	13.10
1.25	7.03	18.04	1.25	10.54	14.10
1.30	7.31	19.36	1.30	10.96	15.14
1.35	7.59	20.73	1.35	11.38	16.21
1.40	7.87	22.13	1.40	11.80	17.31
1.45	8.15	23.58	1.45	12.22	18.45
1.50	8.43	25.08	1.50	12.64	19.62
1.55	8.71	26.61	1.55	13.07	20.82
1.60	8.99	28.18	1.60	13.49	22.05
1.65	9.28	29.80	1.65	13.91	23.32
1.70	9.56	31.46	1.70	14.33	24.62
1.75	9.84	33.16	1.75	14.75	25.95
1.80	10.12	34.90	1.80	15.17	27.32
1.85	10.40	36.68	1.85	15.59	28.71
1.90	10.68	38.50	1.90	16.02	30.14
1.95	10.96	40.36	1.95	16.44	31.60
2.00	11.24	42.26	2.00	16.86	33.09
2.05	11.52	44.20	2.05	17.28	34.61
2.10	11.80	46.18	2.10	17.70	36.17
2.15	12.09	48.21	2.15	18.12	37.76
2.20	12.37	50.27	2.20	18.55	39.37
2.25	12.65	52.37	2.25	18.97	41.02
2.30	12.93	54.51	2.30	19.39	42.70
2.35	13.21	56.69	2.35	19.81	44.41
2.40	13.49	58.91	2.40	20.23	46.16
2.45	13.77	61.18	2.45	20.65	47.93
2.50	14.05	63.47	2.50	21.07	49.73
2.55	14.33	65.81	2.55	21.50	51.57
2.60	14.62	68.19	2.60	21.92	53.44
2.65	14.90	70.61	2.65	22.34	55.33
2.70	15.18	73.07	2.70	22.76	57.26
2.75	15.46	75.56	2.75	23.18	59.22
2.80	15.74	78.10	2.80	23.60	61.21
2.85	16.02	80.67	2.85	24.02	63.23
2.90	16.30	83.28	2.90	24.45	65.28
2.95	16.58	85.93	2.95	24.87	67.36
3.00	16.86	88.62	3.00	25.29	69.47



ANEXO III: TUBERÍA PORTAGOTEROS



DRIP PC₂



Tubería de Riego por Goteo con Compensación de Presión

- + Goteros autocompensantes con laberinto de flujo turbulento de alta velocidad para evitar decantación de sedimentos, doble entrada de agua y el rango mas amplio de compensación en la industria (0'5-4'5 bar) que ofrecen un incomparable desempeño.
- + Doble mecanismo de auto lavado en cada inicio de operaciones, asegurando un bajo mantenimiento diario y anual.
- + Aun con cambios muy severos de topografía la membrana de compensación de la tubería PC2, asegura una uniformidad máxima en la distribución del agua.
- + Espaciamientos estándar y a solicitud del cliente están disponibles desde 20cm hasta 300cm.
- + Ideal para aplicaciones en cultivos leñosos, hortalizas, cultivos de cama, algodón, etc. con terrenos ondulados.

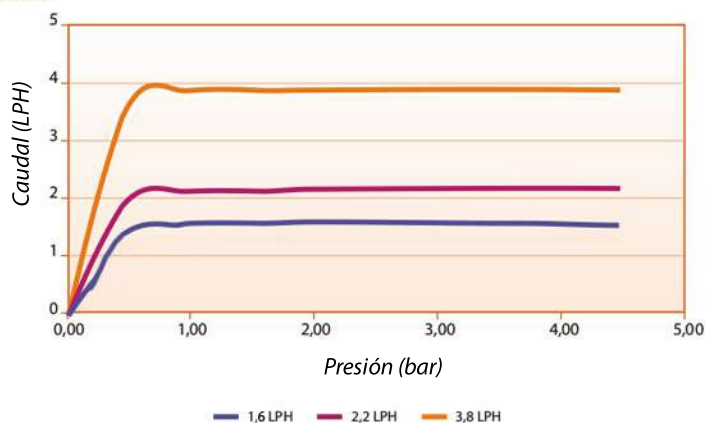


Especificaciones Técnicas PC2:



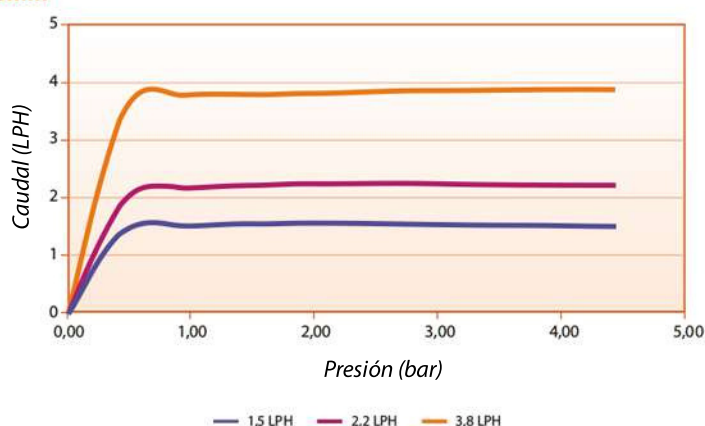
Especificaciones Tubería PC2						
Tamaño Tubo (mm)	Espesor Pared (mm)	ID (mm)	OD (mm)	Longitud Bobina (m)	Presión de Servicio Máx. (bar)	Filtración Requerida (malla)
16	1,05	13,70	15,80	400	5,00	120/150
20	1,2	17,50	19,90	300	5,00	120/150

PC² 16mm



Especificaciones Caudal PC2 16MM						
Ratio Caudal (LPH) a 1 bar	Amplitud del laberinto (mm)	Profundidad del laberinto (mm)	Constante (K)* atm	Exponente (x)	Coefficiente de Variación (CV)	Factor de Fricción (Kd)
1,60	0,85	0,90	1,60	0,03	0,03	1,09
2,20	0,95	1,00	2,20	0,03	0,03	1,00
3,80	0,95	1,15	3,80	0,03	0,03	1,00

PC² 20mm



Especificaciones Caudal PC2 20MM						
Ratio Caudal (LPH) a 1 bar	Amplitud del laberinto (mm)	Profundidad del laberinto (mm)	Constante (K)* atm	Exponente (x)	Coefficiente de Variación (CV)	Factor de Fricción (Kd)
1,50	0,95	1,05	1,50	0,03	0,04	0,80
2,20	1,00	1,10	2,20	0,03	0,04	0,80
3,80	1,20	1,30	3,80	0,03	0,04	0,80

Tabla de longitudes 16mm

Presión Entrada (bar)

Distancia entre emisores	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
0,25	77,88	89,00	97,75	105,88	112,63	119,38
0,30	91,38	104,88	116,00	124,75	132,88	139,25
0,33	99,13	113,63	125,75	134,88	143,63	151,38
0,40	117,00	133,50	148,38	159,13	169,25	178,00
0,50	141,63	162,88	178,00	192,50	205,00	216,13
0,60	163,50	188,13	207,00	222,50	238,38	250,50
0,75	196,25	225,25	248,50	267,38	285,25	299,38
0,80	206,00	236,00	260,63	281,88	299,75	314,88
0,80	226,25	259,63	286,25	308,13	328,75	344,88
1,00	245,13	280,50	310,88	335,13	356,38	375,25
1,25	280,50	323,00	356,38	385,38	408,25	432,25
1,50	330,75	380,63	420,75	454,13	483,13	509,75

16 L/H

22 L/H

38 L/H

Distancia entre emisores	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
0,25	70,00	80,00	88,00	95,00	101,00	107,00
0,30	82,00	94,00	104,00	112,00	119,00	125,00
0,33	89,00	102,00	113,00	121,00	129,00	136,00
0,40	105,00	120,00	133,00	143,00	152,00	160,00
0,50	127,00	146,00	160,00	173,00	184,00	194,00
0,60	147,00	169,00	186,00	200,00	214,00	225,00
0,75	176,00	202,00	223,00	240,00	256,00	269,00
0,80	185,00	212,00	234,00	253,00	269,00	283,00
0,90	203,00	233,00	257,00	277,00	295,00	310,00
1,00	220,00	252,00	279,00	301,00	320,00	337,00
1,25	252,00	290,00	320,00	346,00	367,00	388,00
1,50	297,00	342,00	378,00	408,00	434,00	458,00

Distancia entre emisores	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
0,25	49,00	56,00	62,00	66,00	70,00	74,00
0,30	57,00	65,00	72,00	78,00	82,00	87,00
0,33	62,00	71,00	79,00	84,00	90,00	95,00
0,40	73,00	84,00	92,00	100,00	106,00	112,00
0,50	88,00	101,00	112,00	121,00	128,00	135,00
0,60	103,00	118,00	130,00	140,00	149,00	157,00
0,75	122,00	140,00	155,00	167,00	178,00	188,00
0,80	129,00	148,00	163,00	176,00	187,00	198,00
0,90	141,00	162,00	179,00	194,00	205,00	217,00
1,00	153,00	176,00	194,00	210,00	223,00	235,00
1,25	176,00	202,00	223,00	241,00	257,00	270,00
1,50	207,00	239,00	264,00	285,00	303,00	320,00

Tabla de longitudes 20mm

Presión Entrada (bar)

Distancia entre emisores	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
0,25	117,00	134,88	148,38	159,13	169,25	178,38
0,30	138,25	158,50	173,63	187,13	199,63	209,38
0,33	149,38	171,63	189,50	204,00	216,13	228,63
0,40	176,00	203,00	222,88	240,75	254,88	269,75
0,50	212,75	243,75	269,75	290,63	308,50	325,38
0,60	247,13	282,50	312,88	336,13	358,75	377,63
0,75	296,38	339,88	374,25	402,88	429,88	453,50
0,80	310,88	357,75	394,50	425,50	452,13	475,38
1,00	369,50	425,50	468,63	505,38	537,75	566,75
1,25	425,50	488,88	539,13	580,88	619,00	652,38
1,50	503,38	577,88	636,88	688,13	731,25	771,75

16 L/H

22 L/H

38 L/H

Distancia entre emisores	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
0,25	105,00	121,00	133,00	143,00	152,00	160,00
0,30	124,00	142,00	156,00	168,00	179,00	188,00
0,33	134,00	154,00	170,00	183,00	194,00	205,00
0,40	158,00	182,00	200,00	216,00	229,00	242,00
0,50	191,00	219,00	242,00	261,00	277,00	292,00
0,60	222,00	254,00	281,00	302,00	322,00	339,00
0,75	266,00	305,00	336,00	362,00	386,00	407,00
0,80	279,00	321,00	354,00	382,00	406,00	427,00
0,90	306,00	352,00	388,00	418,00	445,00	469,00
1,00	332,00	382,00	421,00	454,00	483,00	509,00
1,25	382,00	439,00	484,00	522,00	556,00	586,00
1,50	452,00	519,00	572,00	618,00	657,00	693,00

Distancia entre emisores	1,50	2,00	2,50	3,00	3,50	4,00
0,25	73,00	84,00	92,00	100,00	106,00	111,00
0,30	86,00	98,00	109,00	117,00	124,00	131,00
0,33	93,00	107,00	118,00	127,00	135,00	142,00
0,40	110,00	126,00	139,00	150,00	160,00	168,00
0,50	133,00	153,00	168,00	182,00	193,00	203,00
0,60	155,00	178,00	196,00	211,00	224,00	236,00
0,75	185,00	212,00	234,00	253,00	269,00	283,00
0,80	194,00	223,00	246,00	266,00	283,00	298,00
0,90	213,00	246,00	271,00	292,00	310,00	328,00
1,00	232,00	266,00	294,00	317,00	337,00	355,00
1,25	266,00	306,00	337,00	365,00	388,00	409,00
1,50	315,00	362,00	399,00	431,00	459,00	483,00

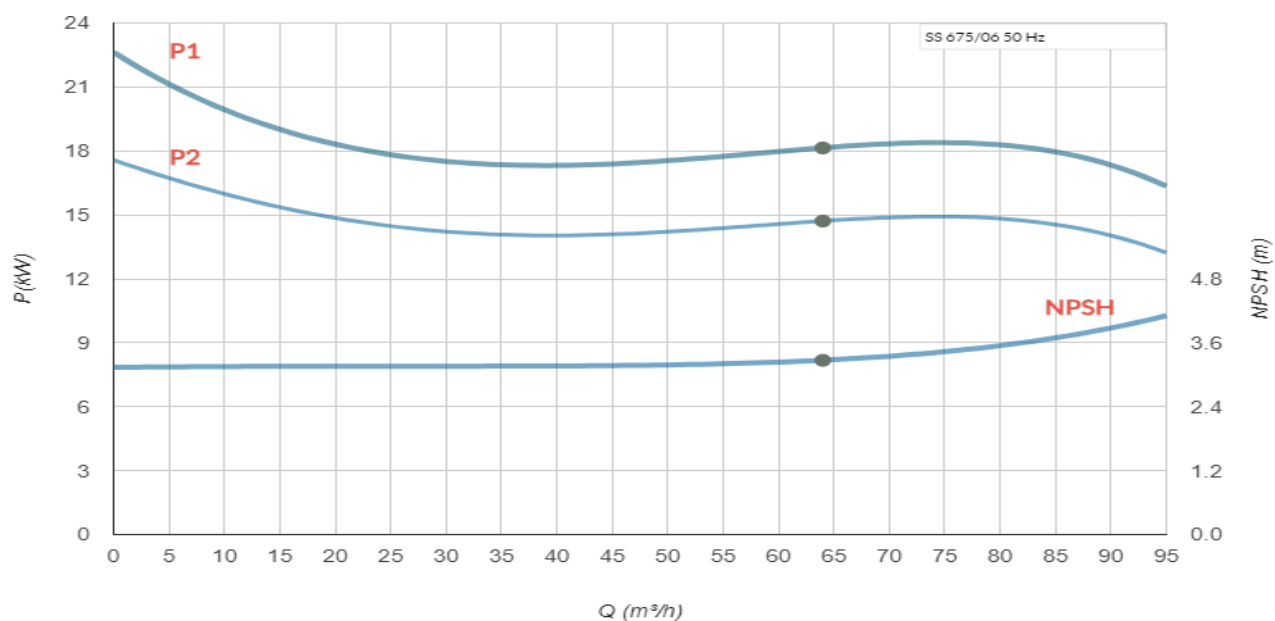
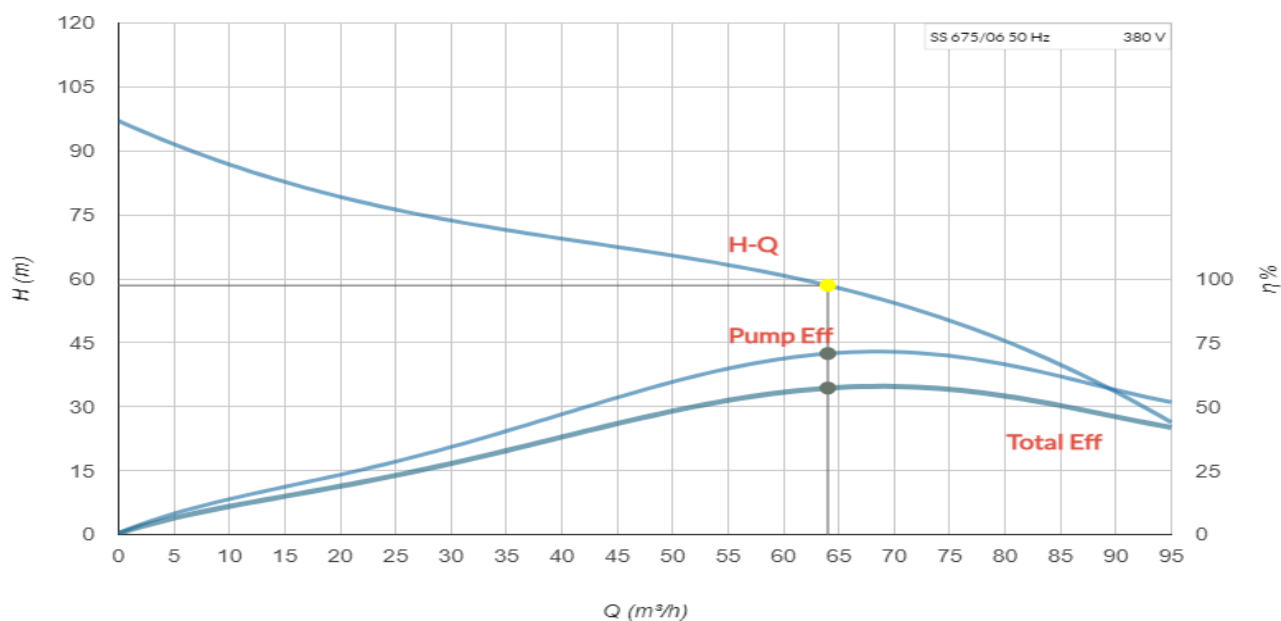


ANEXO IV: FICHA TÉCNICA DE LA BOMBA

Duty Point

Flow	Head	NPSHr	Shaft Power (P2)	Motor Input Power (P1)	Pump Eff %	Total Eff %
64 m³/h	58.44 m	3.27 m	14.71 kW	18.14 kW	70.76	55.63

Pump Curves



Pump

Model	SS 675
Stage	06
Nominal Diameter	6"
Material	Stainless Steel
Frequency	50 Hz

Required Duty Point

Flow	64 m ³ /h
Head	55 m

Duty Point

Flow	64 m ³ /h
Head	58.44 m
Pump Efficiency %	70.76
Motor Efficiency %	78.62
Total Efficiency %	55.63
Actual Speed	2877
Pump Power (P2)	14.71 kW
Motor Input Power (P1)	18.14 kW
NPSHr	3.27 m
Voltage (V)	380

Other

Shaft Diameter	22.00 mm
Max.Sand Quantity	50.00 g/m ³
Max.Sand dimension	2.00 mm
Rotation	CCW
Connection	NEMA Standard

Fluid Data

Fluid	Water
Density	1000 kg/m ³
Kinematic Viscosity	1 cSt
Temperature	20°C

Electrical Data

Model	6 K 20 HP
Rated Power (kW)	15 kW
Rated Power (HP)	20 HP
Nominal Speed	2900 rpm
Nominal Voltage (V)	380-400-415
Frequency	50 Hz
Current (A)	32.30
Protection Class	IP 68
Number of Phase	3
Number of Pole	2
Cos ϕ	0.84
Shaft Power (P2)	14.71 kW
Motor Input Power (P1)	18.14 kW
η Motor %	78.62

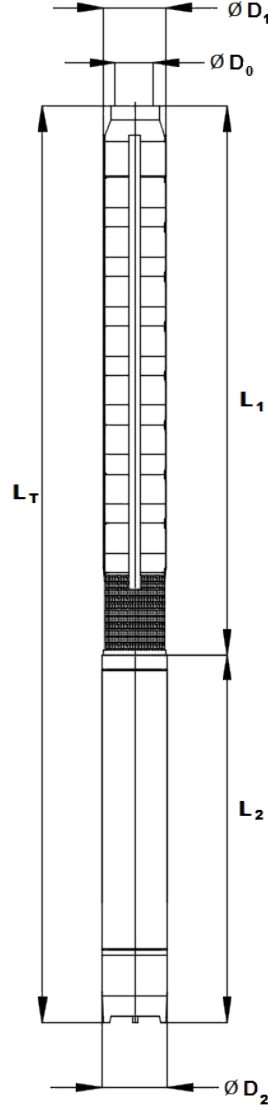
Shaft Seal

Type	Mechanical Seal
Material	Cer/Car

Materials

Shaft	Stainless Steel (AISI 431)
Impeller	Stainless Steel (AISI 304)
Discharge	Stainless Steel (AISI 304)
Diffuser	Stainless Steel (AISI 304)
Suction Strainer	Stainless Steel (AISI 304)

Dimensions and Weights

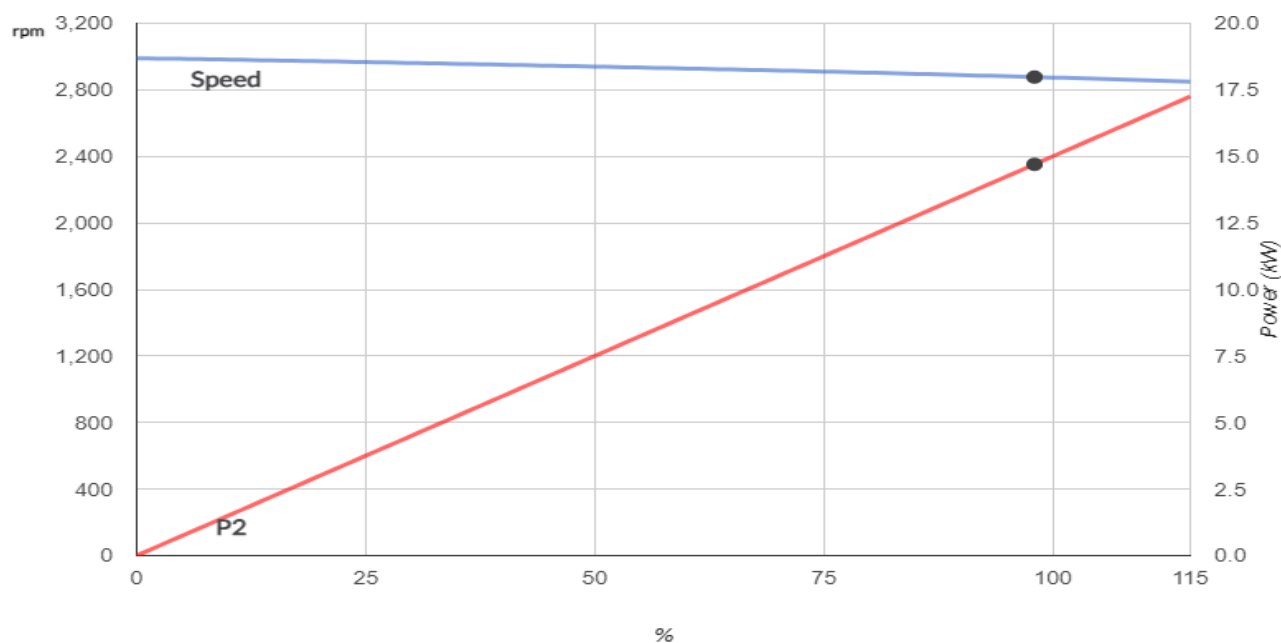
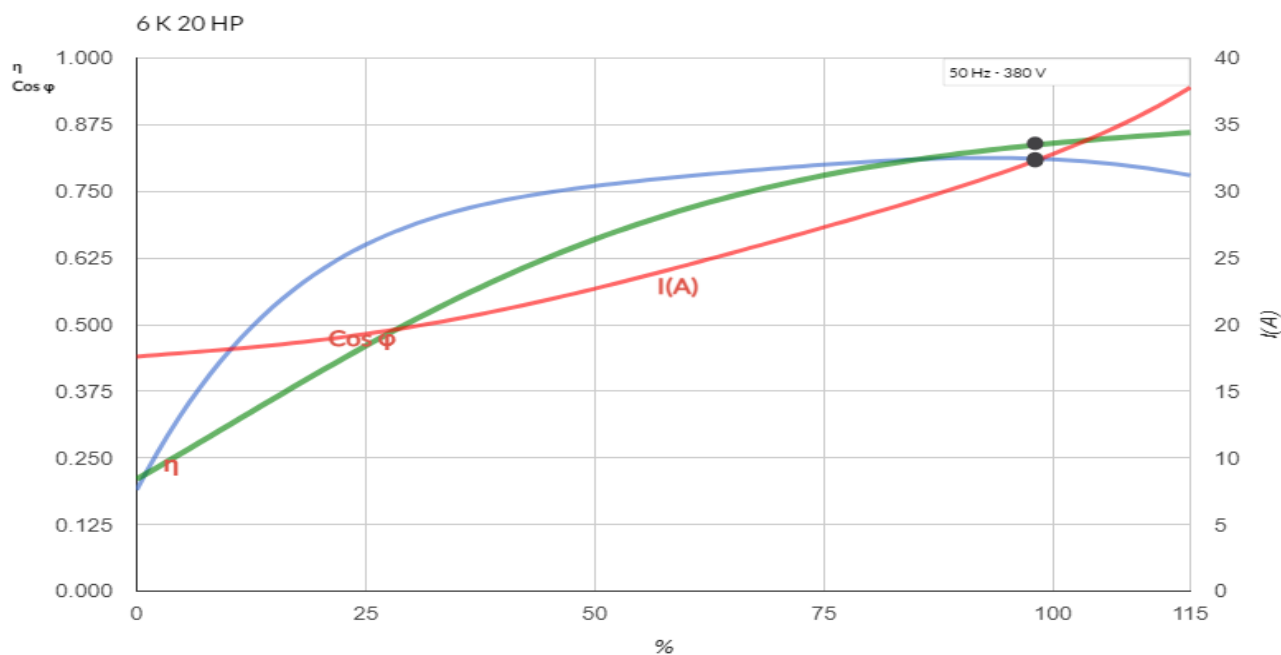


D1 (mm)	149
D2 (mm)	144
D0 (inch)	4 "
L1 (mm)	1144
L2 (mm)	830
Lt (mm)	1974
Weight of Motor (kg)	66
Weight of Pump (kg)	26
Total Weight (kg)	92

Motor Duty Point

Shaft Power (P2)	Motor Input Power (P1)	Motor Load Rate	Current (A)	Cos ϕ	Motor Eff %	Speed
14.71 kW	18.14 kW	0.98	32.30	0.84	78.62	2877

Motor Curves





ANEXO V: ESTRUCTURA DE PLACAS SOLARBLOC

SOLARBLOC®



PRETENSADOSDURÁN

FICHAS TÉCNICAS

SOLARBLOC®

CUBIERTAS Y LASTRES

**PIONEROS EN INNOVACIÓN Y
DESARROLLO DE ESTRUCTURAS
DE HORMIGÓN PARA PANELES
SOLARES.**

ÍNDICE

01. Uso del sistema

- 1.1 Uso del sistema SOLARBLOC® Cubiertas y Superficies Planas
- 1.2 Datos técnicos SOLARBLOC® Cubiertas 3º
- 1.3 Datos técnicos SOLARBLOC® Cubiertas 10º, 12º, 15º, 18º, 28º, 30º, 34º
- 1.4 Usos del Lastre de Refuerzo SOLARBLOC®
- 1.5 Datos técnicos del Lastre de Refuerzo SOLARBLOC®
- 1.6 Diagrama de recomendaciones y obligaciones de uso del lastre de refuerzo SOLARBLOC®

02. CARACTERÍSTICAS GENERALES

03. ANEXOS (TIPOS DE SELALDORES)

- 3.1 Sellador WEBER FLEX PU
- 3.2 Sellador SIKAFLEX-11 FC+

1. Usos del sistema

USO Y DATOS TÉCNICOS DE SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS



1.1

USO DEL SISTEMA SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.



El sistema Solarbloc® permite fijar los módulos solares directamente al soporte sin utilizar estructura metálica. **Los soportes Solarbloc® se fabrican en ocho grados distintos, 3°, 10°, 12°, 15°, 18°, 28°, 30° y 34°.** Debemos elegir la inclinación del soporte más idónea teniendo en cuenta las necesidades de la instalación.

Características de Solarbloc®:

- Sistema de montaje FV de un sólo componente.
- Soporte auto-lastrado, fabricado en hormigón.
- Resistencia y larga durabilidad a los agentes atmosféricos.
- Fijación del panel mediante carril de hormigón incorporado al soporte.
- Elimina la estructura metálica.
- Elimina el proceso de perforado y anclajes a la cubierta.
- Acorta el tiempo de montaje de las instalaciones FV.

Más información en **solarbloc.es**

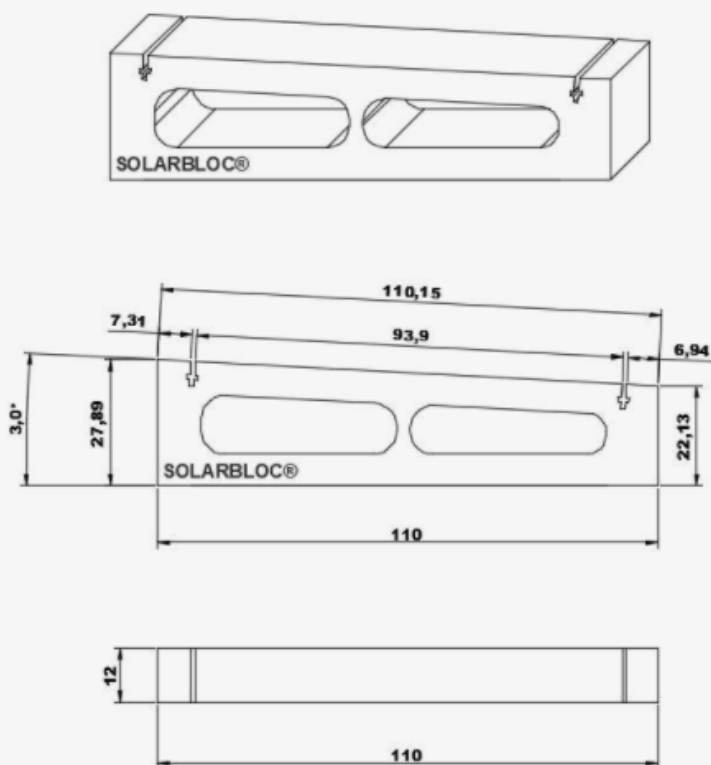


1.2

DATOS TÉCNICOS SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS 3º

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

DIMENSIONES Y PESO SEGÚN LA INCLINACIÓN SOLARBLOC® 3º



PESO APROXIMADO 50KG
INCLINACIÓN 3º
LONGITUD 110 CM
COTAS EN CM



Más información en solarbloc.es



1.3

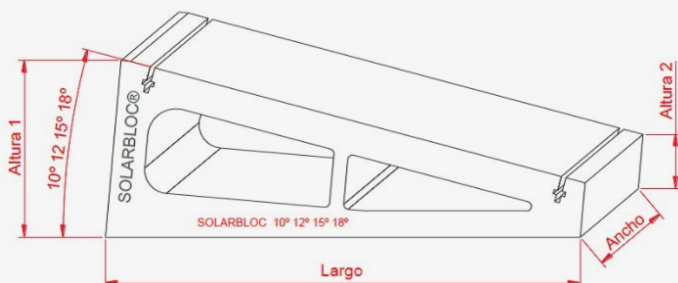
DATOS TÉCNICOS SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS 10º, 12º, 15º, 18º, 28º, 30º, 34º

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

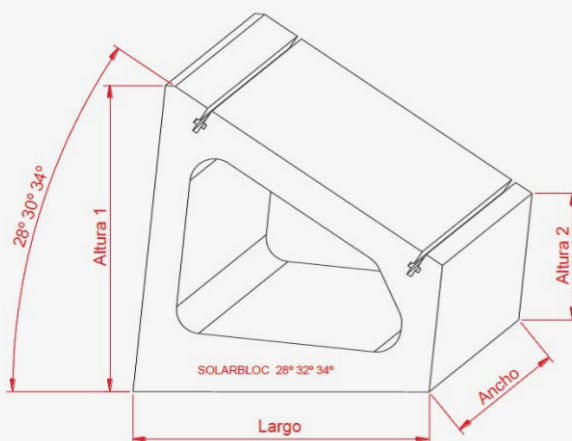
DIMENSIONES Y PESOS SEGÚN LA INCLINACIÓN

Inclinación apoyos

Grupo	Grupo 1				Grupo 2		
Inclinación	10º	12º	15º	18º	28º	30º	34º
Altura 1 (cm)	33,24	34,97	37,47	40,94	56,95	58,94	62,84
Altura 2 (cm)	15,96	14,21	11,54	9,91	26,11	26,03	25,96
Largo (cm)	100,0	100,0	100,06	100,38	60,00	60,04	60,32
Ancho (cm)	16,00	16,00	16,00	16,00	23,50	23,50	23,50
Peso (kg)	60,00	60,00	60,00	60,00	68,00	71,30	77,80
Composición	HM-20						



Grupo 1



Grupo 2

Más información en solarbloc.es



1.4 USO DEL LASTRE DE REFUERZO SOLARBLOC®

Los Lastres para **SOLARBLOC®** Cubiertas y Superficies Planas están diseñados para aumentar el peso y altura del propio soporte cuando las condiciones de la instalación fotovoltaica lo precisan.



Estos Lastres de refuerzo **se colocan en la base** de los soportes Solarbloc® cuando se necesita ganar altura, **o por la parte trasera** para potenciar su eficacia y rigidizar la instalación en determinadas situaciones

Ambas piezas deben unirse mediante adhesivo para lograr hacer un solo cuerpo y conseguir que trabajen como una estructura. Para la fijación de las piezas es recomendable utilizar **masilla de poliuretano**, taco químico o adhesivos para materiales pétreos con resistencia a la tracción mínima de 12Kg/cm².

Más información en **solarbloc.es**



1.5 DATOS TÉCNICOS DEL LASTRE DE REFUERZO SOLARBLOC®

Debemos elegir el modelo de Lastre en función a los grados de inclinación de los Solarbloc® que se vayan a utilizar en la instalación.



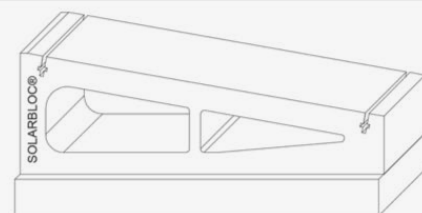
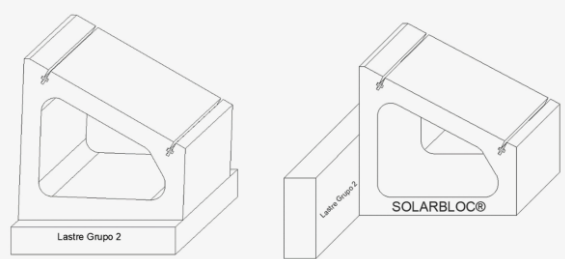
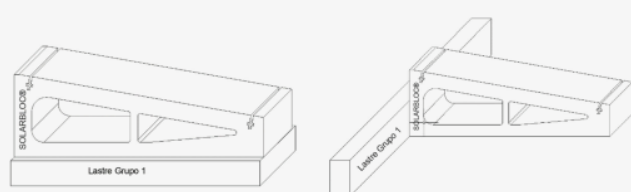
**Lastre para Solarbloc
de 28° a 34°**



**Lastre para Solarbloc
de 10° a 18°**

COTAS EN cm.

PEGADO DEL SOPORTE SOLARBLOC® POR LA BASE Y PARTE TRASERA



**EL PEGADO DE LOS SOLARBLOC A LOS LASTRES
DEBE SER CON 2 CORDONES DE ADHESIVO PARA MATERIAL PETREC
CON RESISTENCIA A TRACCIÓN MINIMA DE 10kg/cm²**

**LA LONGITUD MINIMA DE LOS CORDONES DE ADHESIVO
DEBE SER 14cm.**



BASE



Más información en **solarbloc.es**



1.6

DIAGRAMA DE RECOMENDACIONES Y OBLIGACIONES DE USO DEL LASTRE DE REFUERZO SOLARBLOC®

Esta información se basa en las recomendaciones del fabricante para el refuerzo de instalaciones sometidas a altas cargas de vientos. PREVIAMENTE calculadas y verificadas por las empresas instaladoras.

USOS DE REFUERZO DE LASTRE SOBRE SOLARBLOC® CUBIERTA

- ✗ No necesario (a valorar según cálculo de vientos)
- ✓ Recomendable
- ✓✓ Muy recomendable
- ✓✓✓ Obligatorio

ÁNGULO DE INCLINACIÓN	PANEL ≤ 1,65 M HORIZONTAL	PANEL ≤ 1,65 M VERTICAL	PANEL ≥ 1,65 M HORIZONTAL	PANEL ≥ 1,65 M VERTICAL
SOLARBLOC® 3º	✗	✗	✗	✗
SOLARBLOC® 10º	✗✓	✗✓	✗✓✓	✗✓✓
SOLARBLOC 12º	✗✓	✗✓	✗✓✓	✗✓✓
SOLARBLOC 15º	✗✓	✗✓✓	✗✓✓	✓✓✓
SOLARBLOC 18º	✗✓	✗✓✓	✗✓✓	✓✓✓
SOLARBLOC 28º	✗✓	Montaje incompatible ☹	✗✓✓	Montaje incompatible ☹
SOLARBLOC 30º	✗✓	Montaje incompatible ☹	✗✓✓	Montaje incompatible ☹
SOLARBLOC 34º	✗✓	Montaje incompatible ☹	✗✓✓	Montaje incompatible ☹

Más información en solarbloc.es

SOLARBLOC®



PRETENSADOS DURÁN

2. Características generales

CARACTERÍSTICAS GENERALES



CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

SOLARBLOC® es un sistema patentado para el montaje de módulos solares sobre cubiertas y superficies planas.

CARACTERIZACIÓN FÍSICA/MECÁNICA DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

ÍNDICE DE REBOTE. Procedimiento interno basada en la norma: UNE-EN 12504-2:2013. Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote.

Metodología:

Resultado medio de 33 testigos cilíndricos extraídos de las piezas fabricadas SOLARBLOC con dimensiones de 40 mm de diámetro y 80 mm de altura.

ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO

32

ABSORCIÓN POR CAPILARIDAD. Procedimiento interno basada en la norma: UNE-EN 772-11:2011. Métodos de ensayo de piezas para fábrica de albañilería. Parte 11: Determinación de la absorción de agua por capilaridad de piezas para fábrica de albañilería.

Metodología:

Resultado medio de 5 testigos cilíndricos extraídos de las piezas fabricadas SOLARBLOC con dimensiones de 40 mm de diámetro y 80 mm de altura.

COEFICIENTE DE ABSORCIÓN DE AGUA POR CAPILARIDAD (g/m²s)

6,78 g/m²s

ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA. Procedimiento interno.

Metodología:

Resultado medio de 5 testigos cilíndricos extraídos de las piezas fabricadas SOLARBLOC con dimensiones de 40 mm de diámetro y 80 mm de altura.

ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA (%)

5,05%

CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

CARACTERIZACIÓN FÍSICA/MECÁNICA DEL PREFABRICADO "SOLARBLOC"

RESISTENCIA A FLEXIÓN EN LA SECCIÓN MÁS DESFAVORABLE. Procedimiento interno basado en la norma:

UNE-EN 12390-5:2009. Ensayos de hormigón endurecido. Parte 5: Resistencia a flexión de probetas.

**RESISTENCIA A FLEXIÓN
SOLARBLOC 10º, 12º, 14º y 18º**

4,5 MPa

**RESISTENCIA A FLEXIÓN
SOLARBLOC 28º, 30º y 24º**

6,5 MPa

$$f_{ef} = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot d_1 \cdot d_2^2}$$

f_{ef} = resistencia en Mía

F = Carga de rotura en N

L = Distancia entre apoyos en mm

l_1 y l_2 = Dimensiones laterales de las probetas

ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA. Procedimiento interno.

Metodología:

Después de acondicionar las piezas a 20°C, se sumerge hasta masa constante para posteriormente secarse en estufa ventilada a 105°C. La pérdida de masa se expresa como porcentaje de la masa de la pieza seca.

**ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA (%)
SOLARBLOC 10º, 12º, 14º y 18º**

2,85%

**ABSORCIÓN TOTAL DE AGUA (%)
SOLARBLOC 28º, 30º y 34º**

4,27%

CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

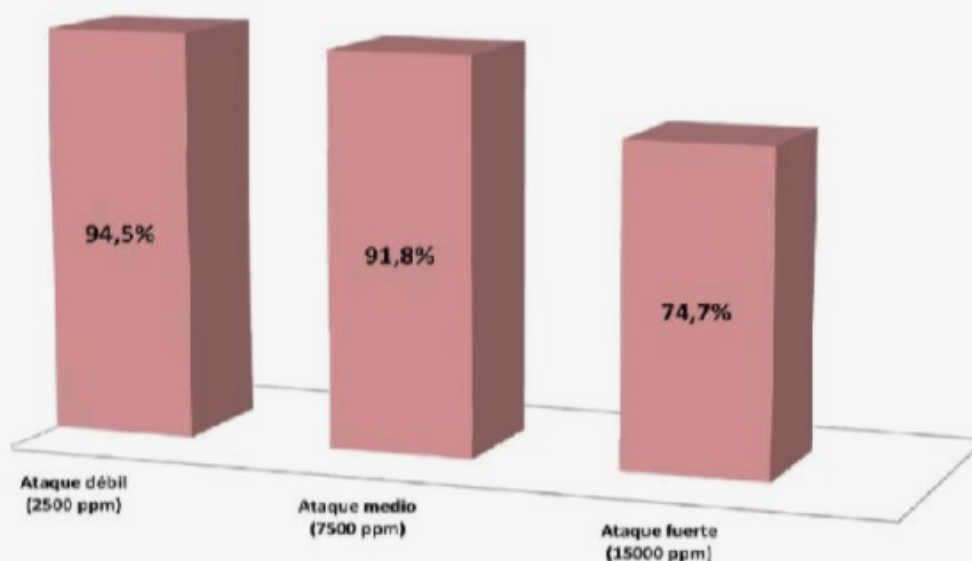
ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

INMERSIÓN EN SULFATOS. Procedimiento interno

Metodología:

Porcentaje de resistencia conservada después de la impresión durante 3 meses en disoluciones diferentes de sulfato sódico tomando como referencia los límites marcados en la EHE-0 de suelos agresivos.

CATEGORÍA	CONCENTRACIÓN DE LA DISOLUCIÓN (ppm)	RESISTENCIA CONSERVADA DESPUÉS DE 3 MESES (%)
S - 1	2500 ppm	94,5%
S - 2	7500 ppm	91,8%
S - 3	15000 ppm	74,7%



CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

RESISTENCIA A CICLOS DE HIELO/DESHIELO. Procedimiento interno.

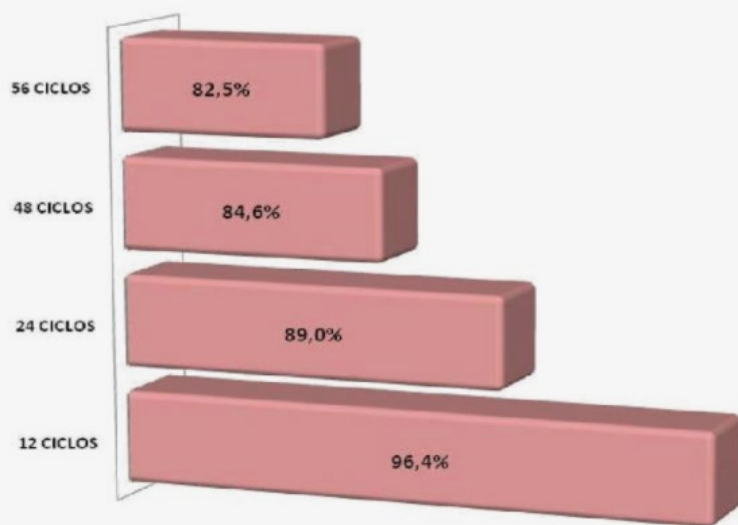
Metodología:

Porcentaje de resistencia conservada después de someter a ciclos de 12 horas de hielo/deshielo en cámara controlada. Los tiempos y temperaturas en cada ciclo se reflejan en la tabla 1.

CATEGORÍA	CONCENTRACIÓN DE LA DISOLUCIÓN (ppm)
12 Ciclos de 12 horas	96,4%
24 Ciclos de 12 horas	89,0%
48 Ciclos de 12 horas	84,6%
56 Ciclos de 12 horas	82,5%

	Temperatura	Tiempo
Inicio	$> +5\text{ }^{\circ}\text{C} < +20\text{ }^{\circ}\text{C}$	T_0
Fase 1	$\leq 0\text{ }^{\circ}\text{C} \geq -8\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_0 + 2,0\text{h.}$
Fase 2	$\leq 8\text{ }^{\circ}\text{C} \geq 12\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_0 + 6,0\text{h.}$
Fase 3	Inmersión total	$T_0 + 6,5\text{h.}$
Fase 4	$\geq +5\text{ }^{\circ}\text{C} \leq +20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_0 + 9,0\text{h.}$
Fase 5	$> +5\text{ }^{\circ}\text{C} < +20\text{ }^{\circ}\text{C}$	$T_0 + 12,0\text{h.}$

Tabla 1. Desarrollo de los ciclos cada 12 horas



CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

RESISTENCIA A CICLOS DE HUMECTACIÓN/SECADO. Procedimiento interno.

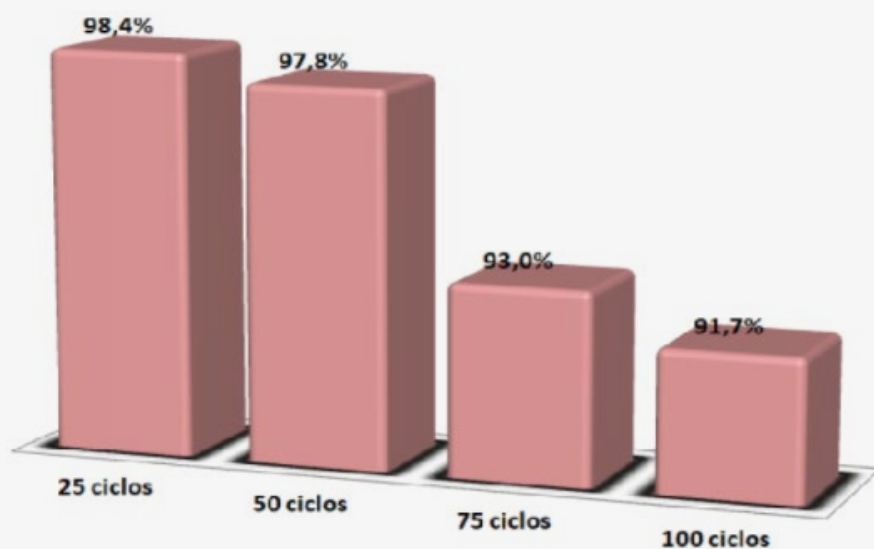
Metodología:

Porcentaje de resistencia conservada después de someter a ciclos de 24 horas de humectación/secado consistentes en 7 horas en estufa ventilada a 70°C y 17 horas sumergidas en agua a 20 °C.

Nº CICLOS	RESISTENCIA CONSERVADA (%)
25 Ciclos de 24 horas	98,4%
50 Ciclos de 24 horas	97,8%
75 Ciclos de 24 horas	93,0%
100 Ciclos de 24 horas	91,7%

Fase		Tiempo
Inicio	20 °C	T ₀
Fase 1	Estufa ventilada a 70 °C	T ₀ + 7,0h.
Fase 2	Inmersión en agua a 20 °C	T ₀ + 24,0h.

Tabla 2. Desarrollo de los ciclos cada 24 horas





CARACTERÍSTICAS GENERALES SOLARBLOC® CUBIERTAS Y SUPERFICIES PLANAS

ENSAYOS DURABILIDAD DEL HORMIGÓN "SOLARBLOC"

RESISTENCIA QUÍMICA DEL HORMIGÓN. LIXIVIACIÓN. Procedimiento interno.

Metodología:

Evaluación de la lixiviación del hormigón mediante la inmersión e 5 testigos cilíndricos de hormigón de 40 mm de diámetro y 80 mm de longitud en una disolución semisaturada de NH_4NO_3 a 20°C en intervalos de 1-80 días. Determinación del porcentaje de resistencia conservada a la compresión frente a la disolución de calcio y silicio observada.

TIEMPO DE INMERSIÓN (Día)	RESISTENCIA CONSERVADA (%)
1 día	88,9%
5 días	81,0%
21 días	68,2%
45 días	63,2%
71 días	46,6%

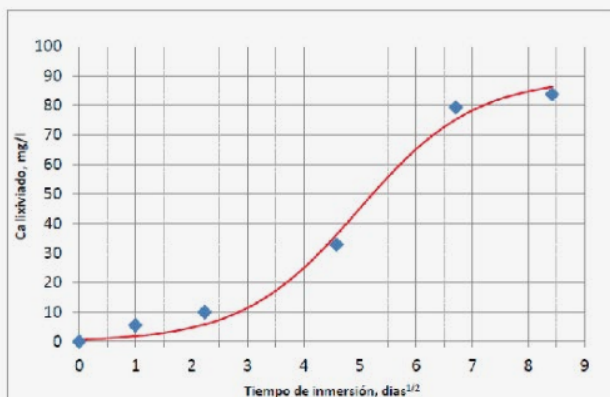


Tabla 1. Gráfica del calcio lixiviado frente al tiempo

Tabla 1. Gráfica del calcio lixiviado frente al tiempo

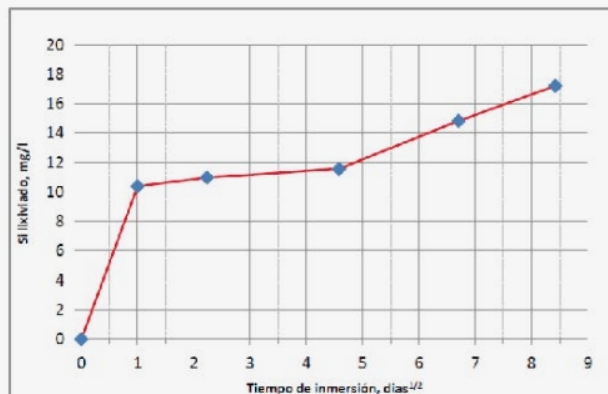


Tabla 2. Gráfica del silicio lixiviado frente al tiempo

Tabla 2. Gráfica del silicio lixiviado frente al tiempo

PRETENSADOS DURÁN S.L.
Le responderá a cualquier duda o
consulta sobre sus productos SOLARBLOC®.

Email:

fabrica@pretensadosduran.com

Oficinas centrales:

C/ Juan Ignacio Rodríguez Marcos, 1 A
06010 Badajoz (España)

Tlfno.:

(+34) 924 244 203 / (+34) 924 480 112

www.solarbloc.es

www.pretensadosduran.com

SOLARBLOC®  **PRETENSADOS DURÁN**



ANEXO VI: FACTURA CRISTÓBAL CANSADO, S.L.

FACTURA PROFORMA

CRISTOBAL CANSADO SL
POL.IND.LA BARCA P-25/26
06700 Villanueva de la Serena
Badajoz
C.I.F.: B06433924
Telf.: 924 847417
Correo Electronico : cristobalcansado@telefonica.net

ESTHER NOGALES REQUENA

FRA.Proforma	FECHA	CLIENTE
017168	19/06/2023	43000000

COD.	DESCRIPCION	UDS.	PVP	IMPORTE
01	AUTOMATIZACION	0	0,00	
25024024	PROGRAMADOR AGRONIC 4024 12VDC SEP	1	1.370,00	1.370,00
99999999	PROTECCIONES PARA LOS PUERTOS 485 DE EAM Y PROGRAMDOR DEL Y EL BUS MONOCABLE	1	1.215,00	1.215,00
25004000	OP ENL GPRS 4000 INCLUIDO SEP	1	350,00	350,00
25002540	OP PLATAFORMA WEB 4000 SEP	1	80,00	80,00
25001120	MODULO AGRONIC MONOCABLE MAM1-20R SEP	6	289,00	1.734,00
37000288	MAXIMIZ SOLAR MPPT75/15A 12/24V S/D INVSL	1	82,26	82,26
37015012	PLACA SOLAR 160W POLI 12V RXL	1	129,80	129,80
25000250	BATERIA OPZS 250AH C100 12V RXL	1	294,53	294,53
02	EQUIPO DE BOMBEO	0	0,00	
99999999	CUERPO HIDRAULICO SS 675/06-50 HZ 6"	1	1.372,00	1.372,00
99999999	MOTOR FRANKLIN 6" 15 KW 20 CV 400V 50HZ	1	2.844,90	2.844,90
99999999	VARIADOR FRECUENCIA VACON 100-3L-0038-5-IP54+FLO03	1	4.340,95	4.340,95
25090100	TRANSDCT PRESION 16BAR 4-20mA	1	130,00	130,00
03	IMPULSION BOMBA	1	0,00	
04216010	M TUB PE100 160-10AT ALM	24	33,93	814,32
47560150	VALV RET DISC 150 PN10/16 ATS	2	293,55	587,10
06016005	MANGTO ES PE 160 SDR11 PN16	10	43,76	437,60
29316010	BRIDA AC PORTABPE 150-160 PN10/16 DIN2576	2	43,40	86,80
06316009	PORTABPE ST 160 SDR11/PN16	2	49,96	99,92
32015010	MANGTO ELAST 150 PN10 AMG	1	158,69	158,69
303560105	BOYA PE ZUL MOD 1000 SEÑALZ MDF	4	118,67	474,70
04	ELECTRIFICACION BOMBA CAMPO SOLAR	0	0,00	
37040024	PLACA SOLAR 460W 24V IVS	75	198,17	14.862,90

Continúa ...

FACTURA PROFORMA

CRISTOBAL CANSADO SL
POL.IND.LA BARCA P-25/26
06700 Villanueva de la Serena
Badajoz
C.I.F.: B06433924
Telf.: 924 847417
Correo Electronico : cristobalcansado@telefonica.net

ESTHER NOGALES REQUENA

FRA.Proforma	FECHA	CLIENTE
017168	19/06/2023	43000000

COD.	DESCRIPCION	UDS.	PVP	IMPORTE
99999999	SOPORTE SOLARBLOK 28° 5 FILAS DE 15 PLACAS	85	55,60	4.726,00
37002925	CUADRO FOTOV ECO-DC-6-55A 6STRG TLN	1	690,00	690,00
99999999	CABLEADO CAMPO SOLAR Y BOMBA	1	480,00	480,00
05	EQUIPO DE FILTRACION ARENAS/MALLA AUTOMATICA	0	0,00	
22001201	FILTRO ARENA VT1200-4"VICT+VALV PLAST FLM	1	2.899,34	2.899,34
99999999	FILTRO MALLA AUTOMATICA EKO 6"	1	1.650,00	1.650,00
38001000	KG ARENA DEPURAD SILICE 0,4-0,8MM SAC/25KG	1.600	0,32	512,00
25000107	PRESOST AVERIA 0-7AT LAMA	1	162,20	162,20
56100010	MANOM GLIC VERT 10AT 1/4"-63MM	3	12,03	36,09
99999999	COLECTORES ENTRADA/ SALIDA PE 160	1	465,00	465,00
06	CAUDALIMETRO	0	0,00	
3320151	CONTADOR WOLTMAN DN150 L300	1	496,80	496,80
33000001	EMISOR DE IMPULSO 1.5MTS 1P/1000L	1	44,19	44,19
07	RED DE RIEGO TUBERIA PRINCIPAL Y SECUNDARIA	0	0,00	
01116006	M TUB JE PVC 160-6AT	672	10,79	7.252,43
01112506	M TUB JE PVC 125-6AT	788	7,02	5.532,08
01111006	M TUB JE PVC 110-6AT	342	5,10	1.744,75
01109006	M TUB JE PVC 90-6AT	475	4,20	1.997,14
01107506	M TUB JE PVC 75-6AT	475	3,27	1.551,92
01106306	M TUB JE PVC 63-6AT	663	2,37	1.571,31
02116001	COD90 PVC 160	4	84,22	336,88
02116201	COD90 PVC 160-2"RH AIR HDT	1	113,41	113,41
02116003	T PVC 160	1	107,42	107,42
02116011	TAPON PVC 160	2	49,97	99,94
07816928	COLL PP 160-125 ENC BSG	6	113,93	683,58
02112701	COD90 PVC 125-2"RH AIR HDT	6	60,87	365,22

Continúa ...

FACTURA PROFORMA

CRISTOBAL CANSADO SL
POL.IND.LA BARCA P-25/26
06700 Villanueva de la Serena
Badajoz
C.I.F.: B06433924
Telf.: 924 847417
Correo Electronico : cristobalcansado@telefonica.net

ESTHER NOGALES REQUENA

FRA.Proforma	FECHA	CLIENTE
017168	19/06/2023	43000000

COD.	DESCRIPCION	UDS.	PVP	IMPORTE
02112501	COD90 PVC 125	6	42,05	252,30
02112503	T PVC 125	4	59,79	239,16
02112510	PORTABPVC 125	12	14,07	168,84
02112509	BRIDA LOCA PVC 125	12	22,99	275,88
31000125	JUNTA PLANA 125 PN10/16 8TD SBR	12	1,60	19,20
17169000	TORNILLO CINC 8.8 M16-90 DIN931	96	2,05	196,96
17160000	TUERCA CINC M16 DIN934.5	96	0,28	27,24
02112506	RED CON PVC 140/125-110	6	23,30	139,80
02111006	RED CON PVC 125/110-90	6	17,79	106,74
02109006	RED CON PVC 110/90-75	6	12,54	75,24
02107706	RED CON PVC 90/75-63	6	7,28	43,68
02107901	COD90 PVC 75-3/4"RH AIR HDT	4	14,89	59,56
02106301	COD90 PVC 63	4	5,03	20,12
02106601	COD90 PVC 63-3/4"RH AIR HDT	4	8,99	35,96
02106319	VALV ESF PVC 63 HDT	9	32,73	294,57
46610150	VALV RET RCH 150 DISC/INOX BDN	3	203,90	611,70
02116010	PORTABPVC 160	6	27,49	164,94
02116009	BRIDA LOCA PVC 160	6	31,50	189,00
17202000	TORNILLO CINC 8.8 M20-200 DIN931	24	11,07	265,72
17200000	TUERCA CINC M20 DIN934.5	24	0,62	14,82
31000150	JUNTA PLANA 150 PN10/16 8TD SBR	6	2,05	12,30
57000232	VENTOSA 1" D/EF JIMTEN	9	16,85	151,65
24055005	VALV ESF LT 1" PN25 ATS	9	10,84	97,56
07802517	MACH PP 3/4" PLG	9	0,48	4,32
57000234	VENTOSA 2" D/EF JIMTEN	3	44,55	133,65
24055008	VALV ESF LT 2" PN25 ATS	3	36,15	108,45

Continúa ...

FACTURA PROFORMA

CRISTOBAL CANSADO SL
POL.IND.LA BARCA P-25/26
06700 Villanueva de la Serena
Badajoz
C.I.F.: B06433924
Telf.: 924 847417
Correo Electronico : cristobalcansado@telefonica.net

ESTHER NOGALES REQUENA

FRA.Proforma	FECHA	CLIENTE
017168	19/06/2023	43000000

COD.	DESCRIPCION	UDS.	PVP	IMPORTE
07806317	MACH PP 2" PLG	3	3,30	9,90
08	VALVULAS HIDRAULICAS	0	0,00	
18000130	VALV HIDR 125-100-125 PN6 BRIDA HR	6	256,20	1.537,20
25100256	SOLENI 12VDC LATCH AQUATIV CONF2 RGB	6	48,40	290,40
18100004	KIT CONEX VALV COMPLETA	6	30,00	180,00
25086001	PILOTO PLAST RED/SOST NEGRO 0,8-6BAR HR	6	50,40	302,41
56241400	MANOM GLIC HORZ 6AT 1/4"-63MM	6	13,82	82,92
53100100	CAJA ESTANCA 100X100 C/TOMAS	6	2,90	17,39
53010215	M CABLE SUBTF 2X1,5MM2 0,6/1KV	672	1,52	1.021,44
09	TUBERIA PORTAGOTEROS Y ACCESORIOS	0	0,00	
14205022	M PE INT 20 50CM 2,2L/H	79.200	0,59	46.767,60
14100030	MANGTO GOT PE 20 C/ANILL PLG	300	0,44	131,61
14330036	VALV GOT PE 20 ANILL PLG	950	1,73	1.648,06
14002002	CONEX RF CTR PVC 20C/GOM SAZ	475	0,46	216,13
14020012	M PE GOT 20-1,2 ALM	900	0,37	337,14
10	FERTIRRIGACION	0	0,00	
34018642	INYECTORA 408L 1/2CV 12VCC 6B DMV	1	1.362,00	1.362,00
341321212	VALV HIDR PQ SIRAI 1/2" SOLENI 12VDC+CONECT	2	173,97	347,94
30102000	DEPOSITO PRFV 2000L FERT STAND	2	379,37	758,74
34007110	FILTRO PQ AMIAD 3/4" 80MESH RGB	2	33,60	67,20
02302519	VALV ESF PVC 3/4" HDT	2	11,07	22,14
02100025	VALV RET PVC 3/4" EPDM HDT	1	17,13	17,13
07816227	COLL PP 160-1" REFZ	1	29,72	29,72

IMP. BRUTO	BASE IMPONIBLE	IMPORTE IVA	TOTAL EUR.
123.839,60	-0,06	123.839,60	26.006,32
			149.845,92