



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Estudio de una red de distribución de agua para consumo y riego de superficies verdes, con utilización de agua procedente de una depuradora e implementación de energías renovables en la provincia de Soria.

Autor: Rodrigo Díez Borque
Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid
Julio de 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
*Estudio de una red de distribución de agua para consumo y riego de superficies verdes,
con utilización de agua procedente de una depuradora e implementación de energías
renovables en la provincia de Soria.*

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2022/2023 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.: Rodrigo Díez Borque

Fecha: 15/07/2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Íñigo Sanz Fernández

Fecha: //



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

Estudio de una red de distribución de agua para consumo y riego de superficies verdes, con utilización de agua procedente de una depuradora e implementación de energías renovables en la provincia de Soria

Autor: Rodrigo Díez Borque

Director: Íñigo Sanz Fernández

Madrid

Julio de 2024

ESTUDIO DE UNA RED DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA CONSUMO Y RIEGO DE SUPERFICIES VERDES, CON UTILIZACIÓN DE AGUA PROCEDENTE DE UNA DEPURADORA E IMPLEMENTACIÓN DE ENERGÍAS RENOVABLES EN LA PROVINCIA DE SORIA

Autor: Díez Borque, Rodrigo.

Director: Sanz Fernández, Íñigo.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto trata la actualización un estudio realizado en una finca agrícola en la provincia de Soria, donde se estudió una red hidráulica de elevación de agua a una zona de almacenamiento. Se actualiza el estado del arte y los precios a fecha de entrega del presente proyecto.

Se moderniza la finca agrícola con la ampliación del proyecto, implementando una red de distribución de agua para consumo y riego, además del uso de energías renovables y materia orgánica procedente de lodos generados por una EDAR cercana a la situación del proyecto. Se detallan tecnologías de riego eficientes, la instalación de una potabilizadora de agua, empleo de baterías de almacenamiento eléctrico. Se estudia también el impacto económico del proyecto evaluando su rentabilidad y viabilidad, además de estudiar para ciertas tecnologías los beneficios económicos puntuales de manera individual.

Por último, se destaca la contribución del proyecto con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Palabras clave: Agua, depuradora, energías renovables, riego, redes hidráulicas, bombeo, baterías, potabilizadora, Objetivos de Desarrollo Sostenible.

1. Introducción

El proyecto se lleva a cabo en una finca agrícola situada en la provincia de Soria, a 990 metros de altitud y a 20 kilómetros de la ciudad de Soria, en la margen izquierda del río Duero. Se amplía y profundiza el Proyecto de Fin de Grado “Estación de bombeo en finca particular en la provincia de Soria”, actualizando el estado del arte y realizando un análisis económico de costes. Se estudia y diseña una red de riego y distribución de agua potable, analizando los detalles constructivos y el histórico de consumos. Además, se evalúa la posibilidad de implementar una potabilizadora. La finca cuenta con tres pozos y un sistema de bombeo ya existente, que almacena agua en una balsa artificial impermeabilizada y dos depósitos de metal cerrados, aptos para agua potable.

El proyecto incluye la instalación de un parque solar fotovoltaico flotante para alimentar la instalación hidráulica, con capacidad de producir energía excedente. Se estudia la viabilidad del almacenamiento de esta energía en baterías y su uso para alimentar las naves. También se explora el uso de lodos generados por la EDAR “Sinova” como fertilizante para los cultivos de la finca. Finalmente, se analiza la compatibilidad del proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

2. Definición del proyecto

El proyecto consiste en la modernización y optimización de una finca agrícola en la provincia de Soria, con el objetivo de mejorar la eficiencia en el uso de los recursos hídricos y energéticos. La finca dispone de tres pozos y un sistema de bombeo ya existente que almacena agua en una balsa artificial y en dos depósitos de metal. La propuesta incluye la implementación de una red de distribución de agua para consumo humano y riego de superficies verdes, utilizando energías renovables. Este enfoque busca no solo aumentar la productividad agrícola, sino también reducir los costos operativos y el impacto ambiental, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Para lograr estos objetivos, se contempla la instalación de un parque solar fotovoltaico flotante que alimentará la instalación hidráulica y producirá un excedente de energía, el cual se almacenará en baterías para asegurar un suministro constante y fiable. Además, se evaluará la viabilidad de implementar una potabilizadora compacta para mejorar la calidad del agua destinada al consumo humano. También se estudiará el uso de lodos generados por la EDAR “Sinova” como fertilizante para los cultivos de la finca, cerrando el ciclo de nutrientes de manera sostenible. Este proyecto integrará tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles para optimizar la gestión de los recursos naturales y promover la agricultura sostenible en la región.

3. Descripción del sistema

El sistema diseñado para la modernización de la finca agrícola en Soria está compuesto por varias tecnologías que trabajan para optimizar el uso de los recursos hídricos y energéticos. La base del sistema es una red de distribución de agua que se ocupa del suministro de agua potable para consumo humano y del riego de las superficies verdes y áreas cultivables de la finca. Esta red se alimenta de tres pozos existentes, hechos en el año 1992, y utiliza un sistema de bombeo que eleva el agua a una balsa artificial impermeabilizada y a dos depósitos de metal cerrados situados a una elevación de 40 metros sobre el nivel de los pozos.

La red hidráulica es diseñada para minimizar las pérdidas y permitir una distribución eficiente del agua. Se utilizan materiales avanzados como el PVC y el polipropileno, resistentes a la corrosión y con alta durabilidad, con el fin de reducir las fugas a su mínima expresión.

Un componente clave del sistema es el parque solar fotovoltaico flotante, instalado en la superficie de la balsa de almacenamiento de agua de riego. Con esto se consigue evitar el desaprovechamiento de los campos de cultivo y reducir la evaporación del agua almacenada. Los paneles solares instalados son de alta eficiencia y, a parte de abastecer el sistema de bombeo, producen un excedente de energía. Este excedente se almacena en baterías de alta capacidad, asegurando un suministro energético continuo y fiable para las naves, incluso durante la noche o en días nublados.

Por otro lado, se garantiza la calidad del agua destinada al consumo humano, integrando una potabilizadora compacta. Se consigue desinfectar el agua mediante la adición de cloro en cantidades reguladas, cumpliendo con las normativas sanitarias vigentes.

Otro aspecto innovador del sistema es el uso de lodos generados por la cercana EDAR “Sinova” como fertilizante natural para los cultivos de la finca. Estos lodos provienen de los digestores anaerobios de los que dispone la EDAR, y contienen nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio, que mejoran la fertilidad del suelo y aumentan la producción de los cultivos. Este enfoque reduce la necesidad de fertilizantes químicos, disminuyendo el impacto ambiental de las prácticas agrícolas.

4. Resultados

Los resultados del proyecto han mostrado una gran mejora en la eficiencia del uso de recursos hídricos y energéticos en la finca agrícola. La implementación de una red de distribución de agua ha optimizado el riego y el suministro de agua potable, reduciendo pérdidas y generando beneficios económicos. Esto ha permitido una reducción significativa del desperdicio de agua y una mayor eficiencia operativa.

El parque solar fotovoltaico flotante ha sido un factor clave para la instalación. Ha permitido obtener una autosuficiencia energética y una reducción de la dependencia de fuentes externas, como son los combustibles fósiles. El almacenamiento de energía excedente en baterías ha garantizado un suministro constante y eficiente, incluso en ausencia de sol.

Económicamente, el uso de lodos de la EDAR “Sinova” como fertilizante y la implementación del regadío en los cultivos ha mejorado la calidad del suelo y la productividad de los cultivos, reduciendo la necesidad de fertilizantes químicos y aumentando las ganancias obtenidas por la actividad agraria. Por otro lado, se ha verificado mediante los análisis de VAN y TIR, la viabilidad y rentabilidad del proyecto, con un retorno de inversión favorable y bajo riesgo financiero.

La inversión obtiene unos resultados exitosos que consiguen transformar la finca en una operación más eficiente, sostenible y rentable, alineándose además con numerosos Objetivos de Desarrollo Sostenible.

5. Conclusiones

Se ha demostrado que el proyecto tiene una efectividad en la optimización del uso de recursos hídricos y energéticos en la finca agrícola. Con la implementación de una red de riego avanzada y el uso de tecnologías innovadoras, se consigue un aumento de la productividad de los cultivos que generan grandes beneficios a la finca. Por otro lado, la gestión eficiente de este agua ha reducido sus pérdidas y permite garantizar un suministro constante, tanto para los cultivos como para el consumo humano. Además, el parque solar fotovoltaico flotante permite tener una autosuficiencia energética, que reduce los costes operativos de la finca y minimiza la dependencia de fuentes externas de energía con combustibles fósiles. El excedente de energía almacenado en baterías consigue asegurar un suministro continuo y fiable para la alimentación de las naves agrícolas. Además, el uso de lodos generados por la EDAR “Sinova” como fertilizante ha mejorado la calidad del suelo y la productividad de los cultivos sin necesidad de fertilizantes químicos.

Los análisis económicos, utilizando herramientas como VAN y TIR, han confirmado la viabilidad y rentabilidad del proyecto, mostrando un retorno de inversión favorable y un riesgo financiero bajo. Estos resultados no solo aseguran la sostenibilidad financiera de la finca a lo largo de los años, sino que también posicionan el proyecto como un modelo replicable de agricultura sostenible y tecnológicamente avanzada para explotaciones similares.

STUDY OF A WATER DISTRIBUTION NETWORK FOR CONSUMPTION AND IRRIGATION OF GREEN AREAS, USING WATER FROM A WASTEWATER TREATMENT PLANT AND IMPLEMENTING RENEWABLE ENERGIES IN THE PROVINCE OF SORIA

Author: Díez Borque, Rodrigo.

Supervisor: Sanz Fernández, Íñigo.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The project deals with the update of a study carried out in an agricultural farm in the province of Soria, where a hydraulic network of water elevation to a storage area was studied. The state of the art and the prices at the date of delivery of this project are updated.

The agricultural farm is modernized with the extension of the project, implementing a water distribution network for consumption and irrigation, in addition to the use of renewable energies and organic matter from sludge generated by a WWTP close to the project site. Efficient irrigation technologies, the installation of a water purification plant, and the use of electrical storage batteries are detailed. The economic impact of the project is also studied, assessing its profitability and feasibility, in addition to studying the specific economic benefits of certain technologies on an individual basis.

Finally, the project's contribution to several Sustainable Development Goals is highlighted.

Keywords: Water, wastewater treatment plant, renewable energies, irrigation, hydraulic networks, pumping, batteries, water treatment plant, Sustainable Development Goals.

1. Introduction

The project is carried out in an agricultural farm located in the province of Soria, at an altitude of 990 meters and 20 kilometers from the city of Soria, on the left bank of the Duero river. The Final Degree Project "Pumping station in a private farm in the province of Soria" is extended and deepened, updating the state of the art and carrying out an economic cost analysis. An irrigation and drinking water distribution network is studied and designed, analyzing the construction details and the consumption history. In addition, the possibility of implementing a water treatment plant was evaluated. The farm has three wells and an existing pumping system, which stores water in a waterproofed artificial pond and two closed metal tanks suitable for drinking water.

The project includes the installation of a floating photovoltaic solar farm to feed the hydraulic installation, with the capacity to produce surplus energy. The feasibility of storing this energy in batteries and using it to power the ships is being studied. The use of sludge generated by the "Sinova" WWTP as fertilizer for the farm's crops is also

explored. Finally, the compatibility of the project with the Sustainable Development Goals is analyzed.

2. Definition of the Project

The project consists of the modernization and optimization of an agricultural farm in the province of Soria, with the objective of improving efficiency in the use of water and energy resources. The farm has three wells and an existing pumping system that stores water in an artificial pond and two metal tanks. The proposal includes the implementation of a water distribution network for human consumption and irrigation of green areas, using renewable energies. This approach seeks not only to increase agricultural productivity, but also to reduce operating costs and environmental impact, in line with the Sustainable Development Goals.

To achieve these objectives, a floating photovoltaic solar farm will be installed to feed the hydraulic installation and produce surplus energy, which will be stored in batteries to ensure a constant and reliable supply. In addition, the feasibility of implementing a compact water treatment plant to improve the quality of water for human consumption will be evaluated. The use of sludge generated by the "Sinova" WWTP as fertilizer for the farm's crops will also be studied, closing the nutrient cycle in a sustainable manner. This project will integrate advanced technologies and sustainable practices to optimize the management of natural resources and promote sustainable agriculture in the region.

3. Description of the system

The system designed for the modernization of the agricultural farm in Soria is composed of several technologies that work to optimize the use of water and energy resources. The basis of the system is a water distribution network that takes care of the supply of drinking water for human consumption and the irrigation of the farm's green areas and cultivable areas. This network is fed by three existing wells, built in 1992, and uses a pumping system that raises the water to a waterproofed artificial reservoir and two closed metal tanks located at an elevation of 40 meters above the level of the wells.

The hydraulic network is designed to minimize losses and allow for efficient water distribution. Advanced materials such as PVC and polypropylene, which are corrosion resistant and highly durable, are used to reduce leakage to a minimum.

A key component of the system is the floating photovoltaic solar farm, installed on the surface of the irrigation water storage pond. This avoids wasting the crop fields and reduces evaporation of the stored water. The solar panels installed are highly efficient and, in addition to supplying the pumping system, produce surplus energy. This surplus is stored in high-capacity batteries, ensuring a continuous and reliable energy supply for the sheds, even at night or on cloudy days.

On the other hand, the quality of the water intended for human consumption is guaranteed by integrating a compact drinking water treatment plant. The water is disinfected by adding chlorine in regulated quantities, in compliance with current health regulations.

Another innovative aspect of the system is the use of sludge generated by the nearby "Sinova" WWTP as a natural fertilizer for the farm's crops. This sludge comes from the WWTP's anaerobic digesters and contains essential nutrients such as nitrogen, phosphorus and potassium, which improve soil fertility and increase crop production. This approach reduces the need for chemical fertilizers, reducing the environmental impact of agricultural practices.

4. Results

The results of the project have shown a great improvement in the efficiency of the use of water and energy resources on the farm. The implementation of a water distribution network has optimized irrigation and potable water supply, reducing losses and generating economic benefits. This has led to a significant reduction in water waste and greater operational efficiency.

The floating photovoltaic solar farm has been a key factor in the installation. It has enabled energy self-sufficiency and reduced dependence on external sources such as fossil fuels. The storage of surplus energy in batteries has ensured a constant and efficient supply, even in the absence of sunshine.

Economically, the use of sludge from the "Sinova" WWTP as fertilizer and the implementation of irrigation in crops has improved soil quality and crop productivity, reducing the need for chemical fertilizers and increasing the profits obtained from agricultural activity. On the other hand, the feasibility and profitability of the project has been verified through NPV and IRR analysis, with a favorable return on investment and low financial risk.

The investment has been successful in transforming the farm into a more efficient, sustainable and profitable operation, in line with numerous Sustainable Development Goals.

5. Conclusions

The project has proven to be effective in optimizing the use of water and energy resources on the farm. With the implementation of an advanced irrigation network and the use of innovative technologies, an increase in crop productivity is achieved, which generates great benefits for the farm. On the other hand, the efficient management of this water has reduced water losses and guarantees a constant supply, both for crops and

human consumption. In addition, the floating photovoltaic solar farm allows for energy self-sufficiency, which reduces the farm's operating costs and minimizes dependence on external sources of fossil fuel energy. The surplus energy stored in batteries ensures a continuous and reliable supply to power the farm buildings. In addition, the use of sludge generated by the "Sinova" WWTP as fertilizer has improved soil quality and crop productivity without the need for chemical fertilizers.

Economic analyses, using tools such as NPV and IRR, have confirmed the feasibility and profitability of the project, showing a favorable return on investment and low financial risk. These results not only ensure the financial sustainability of the farm over the years, but also position the project as a replicable model of sustainable and technologically advanced agriculture for similar farms.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	7
1.1 Motivación del proyecto.....	8
1.2 Objetivos del proyecto.....	9
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	10
2.1 Absel.....	10
2.2 Paneles solares.....	10
2.3 Potabilizadora.....	11
2.4 Baterías LFP.....	11
2.5 Sistemas de riego, Pívorot y Cañón.....	11
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	13
Capítulo 4. Definición del Trabajo	15
4.1 Justificación.....	15
4.2 Objetivos	15
• <i>Actualización del estado del arte</i>	15
• <i>Implementación de la potabilizadora</i>	16
• <i>Red de agua potable</i>	16
• <i>Red de riego de los campos de regadío</i>	16
• <i>Uso del excedente de energía solar producida</i>	16
• <i>Modelo de negocio con EDAR</i>	16
• <i>Unificación de los elementos</i>	17
• <i>Objetivos de Desarrollo Sostenible e Impacto medioambiental</i>	17
4.3 Metodología.....	17
Capítulo 5. Actualización del Estado del Arte	19
5.1 Red Hidráulica.....	19
5.2 Sistema de Bombeo	21
• <i>Pozo 1 (Fresneda)</i>	21
• <i>Pozo 2 (Conejos)</i>	22
• <i>Pozo 3 (Huertos)</i>	23

• Nueva selección	25
5.3 Fuente de Energía Solar	26
5.4 Flotadores	28
Capítulo 6. Implementación de la Potabilizadora	30
Capítulo 7. Red de Agua Potable	34
Capítulo 8. Red de Riego	38
8.1 Pívor	40
8.2 Aspersor de gran alcance (Cañón).....	40
8.3 Necesidades de los cultivos	41
8.4 Estudio económico	42
8.5 Precio de los componentes	45
Capítulo 9. Excedente de Energía Solar Producida.....	46
9.1 Almacenamiento en baterías	48
Capítulo 10. Modelo de Negocio con EDAR	54
10.1 Funcionamiento de la EDAR Sinova	54
10.2 Tratamiento biológico de fangos activos (SBR)	55
10.3 Digestión anaerobia.....	56
10.4 Aplicación a la finca agrícola.....	57
Capítulo 11. Análisis económico.....	59
11.1 Inversión inicial.....	60
11.2 Flujos de caja.....	62
11.3 Estudio.....	65
Capítulo 12. Objetivos de Desarrollo Sostenible	67
12.1 ODS 6: Agua limpia y saneamiento	68
12.2 ODS 7: Energía asequible y no contaminante	70
12.3 ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras	72
12.4 ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles	73
12.5 ODS 12: Producción y consumo responsables	74
12.6 ODS 13: Acción por el clima	76

<i>Capítulo 13. Conclusiones y acciones futuras.....</i>	<i>78</i>
<i>Capítulo 14. Bibliografía.....</i>	<i>81</i>
<i>ANEXO I: Bomba Multietapa Vertical VMS</i>	<i>86</i>
<i>ANEXO II: Potabilizadora.....</i>	<i>88</i>
<i>ANEXO III: Material Polipropileno PP-R.....</i>	<i>91</i>
<i>ANEXO IV: Batería de Almacenaje LFP.....</i>	<i>96</i>
<i>ANEXO 5: Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre.....</i>	<i>102</i>

Índice de figuras

Figura 1. Disposición de los elementos actuales.	13
Figura 2. Distribución de la red hidráulica	20
Figura 3. Datos de las bombas para el Pozo 1 (junio 2024)	22
Figura 4. Datos de las bombas para el Pozo 1 (junio 2023)	22
Figura 5. Datos de las bombas para el Pozo 2 (junio 2024)	23
Figura 6. Datos de las bombas para el Pozo 2 (junio 2023)	23
Figura 7. Datos de las bombas para el Pozo 3 (junio 2024)	24
Figura 8. Datos de las bombas para el Pozo 3 (junio 2023)	24
Figura 9. Superficie disponible para el parque solar fotovoltaico	26
Figura 10. Panel Longi 580 W	27
Figura 11. Base flotante de los paneles	28
Figura 12. Potabilizadora compacta de IMA Water	31
Figura 13. Red hidráulica de agua potable	34
Figura 14. Tuberías de polipropileno de 25 mm de diámetro	36
Figura 15. Localización de los campos de regadío en la finca	38
Figura 16. Pívor instalado.	Figura 17. Aspensor tipo cañón. 39
Figura 18. Esquema de las parcelas de regadío	39
Figura 19. Esquema de la instalación eléctrica.....	49
Figura 20. Batería de almacenamiento Shinson S-MGC 50-64	52
Figura 21. EDAR Sinova.....	55
Figura 22. ODS 6.....	68
Figura 23. ODS 7.....	70
Figura 24. ODS 9.....	72
Figura 25. ODS 11.....	73
Figura 26. ODS 12.....	74
Figura 27. ODS 13.....	76

Índice de tablas

Tabla 1. Comparativa de precios de la red hidráulica	20
Tabla 2. Detalles de los pozos	21
Tabla 3. Precios de las bombas (junio 2023).....	25
Tabla 4. Precios de las bombas (junio 2024).....	25
Tabla 5. Comparativa de precios de los paneles solares.....	28
Tabla 6. Características del agua de los pozos	30
Tabla 7. Comparativa Polipropileno y Polietileno	35
Tabla 8. Precio red de distribución de agua potable.....	36
Tabla 9. Coste del herbicida	42
Tabla 10. Tiempos empleados en las tareas y precios.....	43
Tabla 11. Beneficio extra conseguido por la implementación del regadío	44
Tabla 12. Presupuesto red de riego.....	45
Tabla 13. Distribución de la potencia empleada.....	47
Tabla 14. Consumo de las naves	50
Tabla 15. Consumo diario	50
Tabla 16. Características vertido de aguas	55
Tabla 17. Inversión inicial del proyecto	62
Tabla 18. Flujo de caja anual del proyecto.....	65
Tabla 19. Flujos de caja de la inversión	66
Tabla 20. Valores del estudio económico. VAN y TIR.....	66

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Ahorro por el uso de paneles solares más modernos.....	28
Ecuación 2. Coste del llenado de agua potable con camiones.....	32
Ecuación 3. Coste anual de la inversión de la potabilizadora	32
Ecuación 4. Coste anual total de la potabilizadora.....	32
Ecuación 5. Consumo anual estimado de agua potable.....	33
Ecuación 6. Coste de las tuberías del circuito hidráulico	37
Ecuación 7. Coste total de la red de distribución de agua potable	37
Ecuación 8. Coste del herbicida	43
Ecuación 9. Cantidad de agua necesaria para el desarrollo del cultivo	43
Ecuación 10. Beneficio bruto del cultivo de girasol en secano	44
Ecuación 11. Beneficio bruto del cultivo de girasol en regadío.....	44
Ecuación 12. Beneficio adicional por el uso del cultivo en regadío.....	45
Ecuación 13. Cálculo del excedente de potencia pico disponible	46
Ecuación 14. Cálculo del número de paneles para la bomba 1	47
Ecuación 15. Cálculo del número de paneles para la bomba 2	47
Ecuación 16. Cálculo del número de paneles para la bomba 3	47
Ecuación 17. Capacidad de la batería teniendo en cuenta DoD	51
Ecuación 18. Capacidad de la batería teniendo en cuenta la eficiencia	51
Ecuación 19. Cantidad de materia orgánica a aplicar por hectárea en base al nitrógeno....	58
Ecuación 20. Cantidad de materia orgánica a aplicar por hectárea en base al nitrógeno....	58
Ecuación 21. Cantidad de materia orgánica a aplicar por hectárea en base al nitrógeno....	58
Ecuación 22. Ecuación del VAN.....	59
Ecuación 23. Ecuación de la TIR	60
Ecuación 24. Coste O&M de las bombas	63
Ecuación 25. Coste de mantenimiento del parque solar.....	63
Ecuación 26. Ahorro de electricidad de la alimentación de las bombas hidráulicas.....	63
Ecuación 27. Ahorro de electricidad por el uso de energías renovables	64

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

El lugar del proyecto se encuentra en una finca agrícola particular en la provincia de Soria, a 990 metros de altitud. Se sitúa a 20 kilómetros de la ciudad de Soria y en la margen izquierda del río Duero.

Se amplía y profundiza el Proyecto de Fin de Grado “Estación de bombeo en finca particular en la provincia de Soria”, en cada uno de sus capítulos, actualizando el estado del arte y realizando un análisis económico de costes. Adicionalmente, se estudia una red de riego y distribución de agua potable, analizando los detalles constructivos de la instalación y el histórico de consumos. Se valora también la posibilidad de implementar una potabilizadora. La alimentación solar fotovoltaica de la instalación tendrá la capacidad de producir energía sobrante, por lo que se estudia la viabilidad del almacenamiento en baterías y su esquema eléctrico que alimente las naves. Se analizarán las posibilidades del uso de lodos generados por la cercana EDAR “Sinova” de la ciudad de Soria, como son el uso para fertilización de cultivos.

La propiedad dispone de 3 pozos del año 1992 y un sistema de bombeo con su red hidráulica para almacenamiento ya diseñado. Se almacena el agua a una elevación de 40 metros sobre el nivel de los pozos. Se tiene una balsa artificial impermeabilizada y dos depósitos de metal cerrados.

Se estudia una red de riego dedicada a las parcelas cultivables cercanas, en función de las necesidades de los cultivos y la ubicación. Además, se diseña la distribución de agua potable a las viviendas y naves de la finca realizando un análisis de los materiales y detalles constructivos de la instalación, disponiendo del histórico de consumos aportado por los propietarios de la finca. Se valorará, en su contexto económico y de rendimiento, la instalación de una potabilizadora de pequeño tamaño que abastezca el agua potable necesaria.

Se dispone de un parque solar fotovoltaico flotante que alimenta la instalación hidráulica, con un excedente de energía producida. Se estudia el uso que puede recibir, como el almacenamiento en baterías y alimentación de las naves.

Por otro lado, se valorará el posible modelo de negocio del intercambio de aguas con la EDAR “Sinova” cercana a la finca donde se realiza el proyecto. Los lodos generados, concretamente por el digester anaerobio, se podrán usar en los cultivos de la propiedad como fertilizante.

Se estudia la compatibilidad del proyecto con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, así como el impacto medioambiental que se tendrá durante y después de la construcción.

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo del proyecto es rentabilizar la finca agrícola y ampliar sus modelos de negocio. La motivación es principalmente personal, debido a que la propiedad de la finca es de familiares y se puede aportar el conocimiento necesario para la realización del proyecto de ingeniería, tratando de mejorar la producción de la explotación agrícola y ampliar sus beneficios.

Este proyecto tiene como objetivo cumplir con los requisitos de los propietarios del terreno minimizando los costos y cumplir con las especificaciones gubernamentales del momento para poder entrar en el marco de la ley. Además, se cumplirá con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Finalmente, existe la motivación relacionada al impacto medioambiental, el cual se tratará de reducir a su mínima expresión, tanto en el proceso de montaje y construcción de la instalación, como el resultado final.

1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO

- Actualizar el estado del arte del Proyecto de Fin de Grado del que se parte y su análisis económico, con el objetivo de adaptarlo a las tecnologías actuales y estimar el precio que se tiene a fecha de entrega del proyecto que se está desarrollando.
- Estudiar la posibilidad de implementar una potabilizadora para el agua almacenada proveniente de los pozos localizados en la propia finca. Se propone una solución sencilla y de bajo coste que potabilice el agua destinada al consumo humano.
- Abastecer de agua potable a las viviendas y naves de la finca. Se estudia una red hidráulica que, por diferencia de alturas, abastezca de agua potable a los edificios donde se necesite esta agua.
- Establecer una red de riego para los campos de cultivos cercanos a la zona de almacenamiento de agua. Se diseña en función del tipo de riego utilizado. Se analiza también sus beneficios económicos y los rendimientos obtenidos.
- Dar utilidad al excedente de energía solar producida. El parque solar que alimenta las bombas de agua produce energía sobrante. Se estudia la posibilidad del almacenamiento en baterías que aporten una seguridad al sistema eléctrico empleado en las naves, además de reducir los costos de electricidad.
- Estudio del modelo de negocio con la EDAR cercana. Compra de lodos para fertilización de los cultivos.
- Unificación de los elementos de la instalación, buscando la facilidad de montaje y su futuro mantenimiento llevado a cabo por los operarios de la finca.
- Cumplir con los Objetivos de Desarrollo Sostenible.
- Estudiar el impacto medioambiental del proyecto, reduciéndolo a su mínima expresión, con el fin de respetar el entorno donde se ubicará el proyecto.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

2.1 ABSEL

La tecnología ABSEL es una herramienta web proporcionada por la empresa SULZER, la cual facilita la selección de bombas hidráulicas de agua y aguas residuales. En función del área de aplicación, y las características necesarias, permite la elección de diversas bombas.

Las bombas empleadas en el proyecto son del tipo VMS (bombas multietapa verticales), ideales para bombear líquidos. El funcionamiento de estas bombas es centrífugo, y sus varias etapas permiten la obtención de una mayor presión a la salida, comparada con cualquier otro tipo de bomba de las mismas características. Son bombas perfectas extraer agua de pozos y su empleo en instalaciones agrícolas, como es el caso del proyecto de estudio.

2.2 PANELES SOLARES

Los paneles solares empleados en el proyecto son del tipo Monocristalino de 580 W, con 144 células partidas y tecnología P-PERC, que ofrecen una avanzada solución fotovoltaica diseñada para maximizar la eficiencia y la producción de energía. Las células partidas reducen la resistencia interna, mejorando así el rendimiento del panel en condiciones de sombra parcial. La tecnología P-PERC (Pasivated Emitter and Rear Cell) añade una capa adicional en la parte trasera de las células solares, lo que permite capturar más luz y convertirla en electricidad, incrementando la eficiencia del panel.

Estos paneles ofrecen numerosos beneficios, como son la mayor eficiencia energética y buen funcionamiento incluso con sombras, lo que aumenta la producción de energía en momentos que no son ideales para la generación. Por otro lado, su potencia de 580 W hace que se genere más electricidad ocupando el mismo espacio que paneles de tecnologías inferiores.

2.3 POTABILIZADORA

La potabilizadora que se emplea en el estudio del proyecto permite el consumo del agua de los pozos de la finca a los humanos. Se incluyen varias etapas, como son la sedimentación, filtraciones y desinfección. Con esto se asegura que el agua consumida cumpla con los estándares de calidad legales y proteja al consumidor de posibles enfermedades.

Como beneficios del uso de esta tecnología cabe destacar la disponibilidad de una fuente de agua segura y confiable, el cumplimiento de la normativa ante posibles inspecciones de sanidad y la sostenibilidad para la finca por la disponibilidad de agua potable.

2.4 BATERÍAS LFP

Las baterías de fosfato de hierro y litio (LFP) son un tipo de baterías recargables con tecnología de iones de litio. utilizan fosfato de hierro como material del cátodo y un electrolito de sal de litio. La tecnología LFP se caracteriza por su alta estabilidad térmica y seguridad, ya que el material del cátodo es menos propenso a sobrecalentarse y, por lo tanto, menos probable que se incendie o explote en comparación con otras químicas de baterías de iones de litio. Además, las baterías LFP ofrecen una larga vida útil, con muchos ciclos de carga y descarga antes de que su capacidad se degrade significativamente (Morillo, 2023).

Los beneficios de las baterías LFP incluyen su bajo impacto ambiental, ya que no contienen materiales tóxicos y son más fáciles de reciclar. También presentan una alta eficiencia energética y requieren menos mantenimiento en comparación con otras tecnologías de baterías. Sin embargo, tienen una menor densidad energética, lo que significa que ocupan más espacio y son más pesadas para almacenar la misma cantidad de energía (García, 2022).

2.5 SISTEMAS DE RIEGO, PÍVOT Y CAÑÓN

Un pívot consiste en una estructura giratoria montada sobre ruedas que riega cultivos de forma circular. Este sistema utiliza tuberías suspendidas que giran alrededor de un punto

central, distribuyendo agua uniformemente por toda la superficie. Los pívots son eficientes en el uso del agua, pudiendo ser programados para adaptarse a las necesidades específicas del cultivo, reduciendo el desperdicio de agua y aumentando el rendimiento agrícola (Parra, 2022).

Un aspersor tipo cañón es un dispositivo de riego que distribuye agua a gran distancia en forma de lluvia fina, ideal para irrigar grandes áreas agrícolas. Su funcionamiento se basa en la impulsión de agua a alta presión a través de una bomba (o con una diferencia de alturas) y una red de tuberías hasta el cañón. Los beneficios incluyen una distribución uniforme del agua, menor consumo y eficiencia mejorada, con capacidad de automatización para ajustarse a las necesidades específicas de los cultivos y condiciones climáticas, asegurando así un uso sostenible y efectivo del agua (Redacción, 2017).

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

Se parte del Proyecto de Fin de Grado, en el que se diseñó una red hidráulica para almacenar agua en dos depósitos y una balsa, con una diferencia de cotas máxima de 40 metros. Se proyectó un parque solar fotovoltaico de 21,6 kW, instalado en la superficie del agua de la balsa mostrada en la imagen inferior, sobre unas plataformas flotantes. Por otro lado, se impermeabilizó esta balsa y se estudió el mantenimiento de cada elemento de la instalación.

En Figura 1 se muestra la disposición de los elementos disponibles actualmente.



Figura 1. Disposición de los elementos actuales.

Fuente: elaboración propia

Este proyecto busca una modernización de la finca agrícola, incorporando modelos de negocio alternativos, como son el uso de energías renovables, almacenamiento de energía o

el intercambio de productos con una EDAR cercana. Además, se busca también una mayor producción agrícola a través del regadío y el abonado de las parcelas con materia orgánica, con el fin de sortear las sequías de los últimos años.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

Según lo comentado en el Capítulo 3. la realización de este proyecto busca maximizar los beneficios económicos de la finca agrícola estudiada. Mediante los riegos y el abonado con materia orgánica se pretende maximizar la producción agrícola, pues una hectárea de regadío produce entre cinco y diez veces más que una de secano, independientemente de las lluvias obtenidas en dicha campaña (Lladró, 2019).

Se busca también una modernización del modelo de negocio de la finca, incluyendo energías renovables y sistemas eficientes del uso de agua y electricidad.

Finalmente, se necesita disponer de agua para consumo humano diaria y fiable, con el fin de abastecer a las naves de uso agrícola y las casas de uso recreativo.

4.2 OBJETIVOS

Se persiguen una serie de objetivos necesarios para modernizar y rentabilizar la finca agrícola donde se ubicará el proyecto.

- **ACTUALIZACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE**

Actualizar el estado del arte del Proyecto de Fin de Grado del que se parte y su análisis económico, con el objetivo de adaptarlo a las tecnologías actuales y estimar el precio que se tiene a fecha de entrega del proyecto que se está desarrollando.

- **IMPLEMENTACIÓN DE LA POTABILIZADORA**

Estudiar la posibilidad de implementar una potabilizadora para el agua almacenada proveniente de los pozos localizados en la propia finca. Los propietarios afirman haber realizado un análisis de calidad del agua recientemente y obtener resultados muy favorables. Sin embargo, siguiendo la Ley 29/2006 de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, el agua de consumo humano debe ser potabilizada. Por ello, se propone una solución sencilla y de bajo coste que potabilice el agua destinada al consumo humano.

- **RED DE AGUA POTABLE**

Abastecer de agua potable a las viviendas y naves de la finca. Se estudia una red hidráulica que, por diferencia de alturas, abastezca de agua potable a los edificios donde se necesite esta agua.

- **RED DE RIEGO DE LOS CAMPOS DE REGADÍO**

Establecer una red de riego para los campos de cultivos cercanos a la zona de almacenamiento de agua. Se diseña en función del tipo de riego utilizado. Se analiza también sus beneficios económicos y los rendimientos obtenidos.

- **USO DEL EXCEDENTE DE ENERGÍA SOLAR PRODUCIDA**

Dar utilidad al excedente de energía solar producida. El parque solar que alimenta las bombas de agua produce energía sobrante. Se estudia la posibilidad de almacenamiento en baterías para dar seguridad al sistema eléctrico que alimenta las naves, además de reducir los costos de electricidad.

- **MODELO DE NEGOCIO CON EDAR**

Estudio del modelo de negocio con la EDAR cercana. Compra de lodos para el abonado de los campos de cultivo.

- **UNIFICACIÓN DE LOS ELEMENTOS**

Unificación de los elementos de la instalación, buscando la facilidad de montaje y su futuro mantenimiento llevado a cabo por los operarios de la finca, quienes no están formados en instalaciones hidráulicas o eléctricas

- **OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE E IMPACTO MEDIOAMBIENTAL**

Se busca cumplir con los ODS que apliquen al proyecto. Además, se estudia el impacto medioambiental que se tendrá con la construcción del proyecto, reduciéndolo a su mínima expresión, con el fin de respetar el entorno y la fauna de la zona donde se ubicará el proyecto.

4.3 METODOLOGÍA

En primer lugar, se comienza actualizando el estado del arte del Proyecto de Fin de Grado “*Estación de bombeo en finca particular en la provincia de Soria*”. Se busca una tecnología más moderna y, por lo tanto, más eficiente. Asimismo, se actualizan los precios a fecha de entrega de este proyecto.

Seguidamente, se propone el nuevo proyecto: redes hidráulicas de agua potable y agua para riego, estudio de una potabilizadora, uso del excedente de energía solar producida y estudio del modelo de negocio con una EDAR.

Comenzando con la distribución de agua potable a las viviendas y naves de la finca, se plantea una red hidráulica en base al histórico de consumos aportado por los propietarios. Se quiere llevar agua potable desde los depósitos (a 40 metros de altura) hasta la zona baja de la finca. El agua baja por una única conducción hasta un punto donde se divide en tres tramos con dirección a la casa principal, la casa de los operarios y las naves agrícolas.

Para potabilizar el agua, en base a la Ley 29/2006 de 26 de julio, de garantías y uso racional de los medicamentos y productos sanitarios, se estudia la instalación de una pequeña potabilizadora a la entrada del depósito de agua potable. No es requerimiento de la propiedad de la finca, por lo que se propone una solución sencilla y barata.

Conociendo el tipo de riego utilizado, en su mayor parte aspersión, se diseña la red de riego. Toda ella se instala en la linde de los caminos, con el fin de facilitar el futuro mantenimiento. Se utiliza el agua de la balsa (situada a 40 metros de altura) distribuyéndose hacia dos parcelas, como se puede apreciar en la Figura 1. Se valoran los beneficios económicos conseguidos con esta parte del proyecto y su respectiva rentabilidad.

Por otro lado, se estudia el uso que puede recibir el excedente de energía solar producida por el parque solar fotovoltaico flotante. En primer lugar, se evalúa la posibilidad del almacenamiento en baterías para dar seguridad al sistema eléctrico que alimenta las naves, además de abaratar el coste de la electricidad.

La cercana EDAR “Sinova” ofrece alternativas al modelo de negocio llevado a cabo en la finca. Se propone un intercambio de productos de ambas partes, como es la venta del agua almacenada en la balsa y la compra de lodos residuales para el abonado de los campos de cultivo.

Se busca la unificación de los elementos utilizados para un futuro mantenimiento sencillo, que se pueda llevar a cabo por los operarios de la finca.

Finalmente, se cumplirán los Objetivos de Desarrollo Sostenible que apliquen al proyecto, así como se minimizará el impacto medioambiental causado por las obras y la disposición final de los elementos, preservando los espacios verdes de la zona.

Capítulo 5. ACTUALIZACIÓN DEL ESTADO DEL ARTE

El Proyecto de Fin de Grado “Estación de bombeo en finca particular en la provincia de Soria”, realizado por Rodrigo Díez Borque, alumno de la Universidad Pontificia Comillas – ICAI, en junio de 2023, detalla el estudio de una red hidráulica que eleva agua procedente de tres pozos, a la zona de almacenamiento a una altura de 40 metros. La energía empleada es completamente renovable, obtenida a través de un parque solar fotovoltaico flotante instalado en la balsa del almacenaje de agua. El objetivo es actualizar la tecnología empleada, así como sus precios, a fecha de entrega de este proyecto.

5.1 RED HIDRÁULICA

Se diseñó la red hidráulica con el programa EPANET 3, atendiendo a la facilidad del mantenimiento y a la simplicidad de la instalación. Se plantearon circuitos independientes para cada uno de los pozos, como se muestra en la

Figura 2.

El PVC se seleccionó como material porque posee un recubrimiento muy liso, lo que permite que el agua fluya fácilmente por su interior y mejora la conexión entre tubos y codos, previniendo así las fugas. Además, este material elimina completamente el riesgo de corrosión durante toda su vida útil, un problema común en tuberías de hierro o acero. Además, el PVC es más barato por metro lineal que cualquier otro material de características similares.

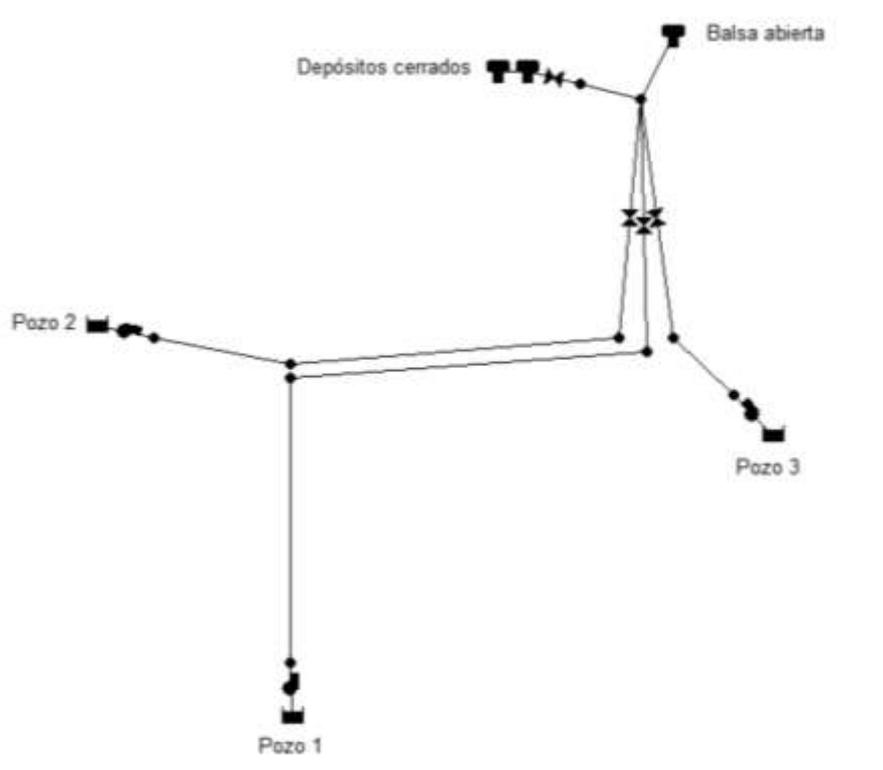


Figura 2. Distribución de la red hidráulica

Fuente: elaboración propia con EPANET

No existen nuevos materiales que mejoren las condiciones estudiadas en el proyecto anterior, por lo que se concluye que no será necesario actualizar este elemento de la instalación.

Sin embargo, los precios han variado en este periodo de tiempo, tal y como se representa en la Tabla 1.

	Longitud (m)	€/m (junio2023)	Codos	€/codo (junio 2023)	Precio junio 2023	€/m (junio2024)	€/codo (junio2024)	Precio junio 2024
Circuito 1	660	2,49	4	0,2	1.644,20 €	2,63 €	0,2	1.736,30 €
Circuito 2	339	2,49	4	0,2	844,91 €	2,63 €	0,2	892,07 €
Circuito 3	255	2,49	3	0,2	635,55 €	2,63 €	0,2	671,15 €
Boya					13,89 €			14,10 €
Desvío en Y					4,00 €			4,00 €
Valv. Antirretorno (3)					49,47 €			48,30 €
TOTAL					3.192,02 €			3.365,91 €

Tabla 1. Comparativa de precios de la red hidráulica

Fuente: elaboración propia

5.2 SISTEMA DE BOMBEO

Los pozos de los que se extrae agua han mantenido su caudal durante este período y, como se mantiene la red hidráulica utilizada, serán necesarias unas bombas de características similares. En la Tabla 2 se muestran los datos de cada pozo (Fuente: Proyecto de Fin de Grado “Estación de bombeo en finca particular en la provincia de Soria”).

<i>Pozo</i>	<i>Denominación</i>	<i>Profundidad (m)</i>	<i>Caudal (m³/h)</i>	<i>Profundidad a la que se mantiene el caudal (m)</i>
1	Fresneda	100	12	23
2	Conejos	60	5	35
3	Huertos	28	9	20

Tabla 2. Detalles de los pozos

Fuente: archivo de la finca (1992)

Las bombas hidráulicas fueron estudiadas con la herramienta ABSEL, proporcionada por el fabricante Sulzer. Esta herramienta está disponible en la página web de la marca, permitiendo su uso en línea y garantizando la actualidad de los datos. (SULZER, 2022)

- **POZO 1 (FRESNEDA)**

Partiendo de un caudal $Q = 12 \text{ m}^3/\text{h}$ y una altura a salvar de 94 m (diferencia de cotas 41 m ; nivel del agua a -23m ; pérdidas $29,98 \text{ m}$), la herramienta ABSEL proporciona las siguientes bombas (Figura 3), siendo el mismo resultado obtenido en el proyecto anterior (Figura 4), realizado en junio de 2023.



Figura 3. Datos de las bombas para el Pozo 1 (junio 2024)

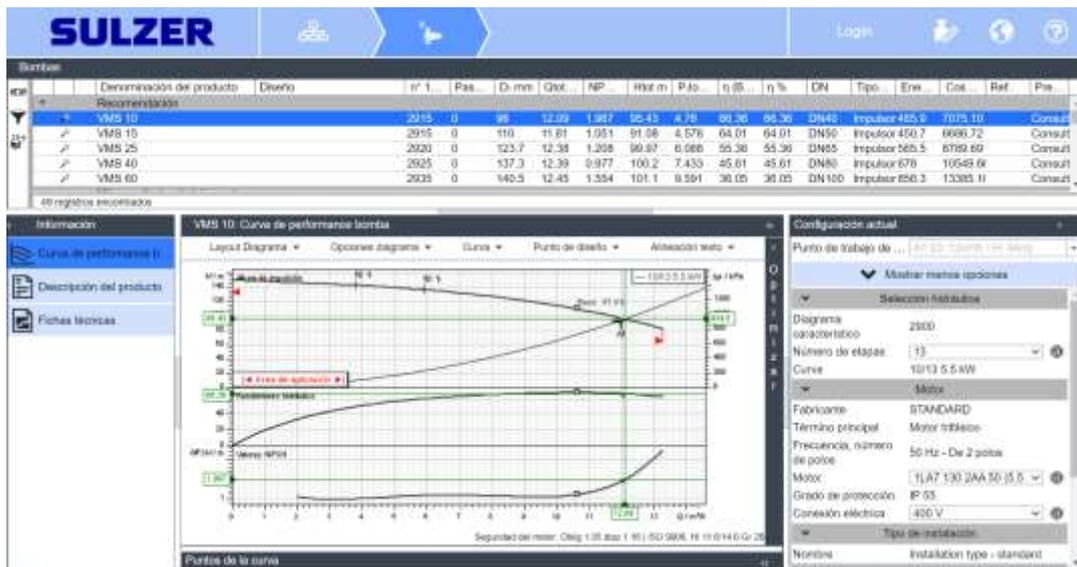


Figura 4. Datos de las bombas para el Pozo 1 (junio 2023)

- **POZO 2 (CONEJOS)**

Partiendo de un caudal $Q = 5 \text{ m}^3/\text{h}$ y una altura a salvar de $70,7 \text{ m}$ (diferencia de cotas 33 m ; nivel del agua a -35 m ; pérdidas $2,66 \text{ m}$), la herramienta *ABSEL* proporciona las siguientes bombas (Figura 5), siendo el mismo resultado obtenido en el proyecto anterior (Figura 6).



Figura 5. Datos de las bombas para el Pozo 2 (junio 2024)



Figura 6. Datos de las bombas para el Pozo 2 (junio 2023)

• **POZO 3 (HUERTOS)**

Partiendo de un caudal $Q = 9 \text{ m}^3/h$ y una altura a salvar de $60,7 \text{ m}$ (diferencia de cotas $34,2 \text{ m}$; nivel del agua a -20 m ; pérdidas $6,5 \text{ m}$), la herramienta ABSEL proporciona las siguientes bombas (Figura 7), siendo el mismo resultado obtenido en el proyecto anterior (Figura 8).



Figura 7. Datos de las bombas para el Pozo 3 (junio 2024)



Figura 8. Datos de las bombas para el Pozo 3 (junio 2023)

- **NUEVA SELECCIÓN**

Se ve como en todas las nuevas opciones ofrecidas por *ABSEL* aparece la bomba VMS 10, de igual manera que en el proyecto anterior. Siguiendo los criterios de eficiencia y uniformidad de los elementos de la instalación, se escoge de nuevo la misma bomba hidráulica para los tres pozos. La hoja de características técnicas de dicha bomba data a fecha del año 2022, concluyendo que esta bomba no se ha mejorado y se podrá emplear la estudiada en el proyecto anterior. (SULZER, 2022)

Este dispositivo es una bomba vertical de múltiples etapas, diseñada para el bombeo de agua potable debido a su estructura de acero inoxidable. Cuenta con certificaciones WRAS, ACS y NSF. Además, está equipada con un motor eléctrico que no necesita mantenimiento. Se muestra la hoja técnica en el ANEXO I: Bomba Multietapa Vertical VMS.

A continuación, se detallan los precios de cada una de las bombas. La Tabla 3 se refiere a los datos a fecha de junio de 2023, actualizándose a fecha de junio de 2024 en la Tabla 4.

Circuito	Eleccion final	P2 (kW)	Precio
1	VMS 10	4,760	7.820,00 €
2	VMS 10	1,749	5.860,00 €
3	VMS 10	2,317	5.860,00 €
TOTAL		8,826	19.540,00 €

Tabla 3. Precios de las bombas (junio 2023)

Fuente: Sulzer, 2023

Circuito	Eleccion final	P2 (kW)	Precio
1	VMS 10	4,760	8.415,00 €
2	VMS 10	1,749	6.320,00 €
3	VMS 10	2,317	6.320,00 €
TOTAL		8,826	21.055,00 €

Tabla 4. Precios de las bombas (junio 2024)

Fuente: Sulzer, 2024

5.3 FUENTE DE ENERGÍA SOLAR

La fuente de energía estudiada para el proyecto es un parque solar fotovoltaico flotante, instalado en la balsa donde se almacena el agua extraída de los pozos. Con este diseño se consigue no emplear superficie arable para instalar los paneles, además de evitar una evaporación masiva del agua almacenada. En la Figura 9 se muestra la superficie disponible en la balsa, estudiada con Google Earth.

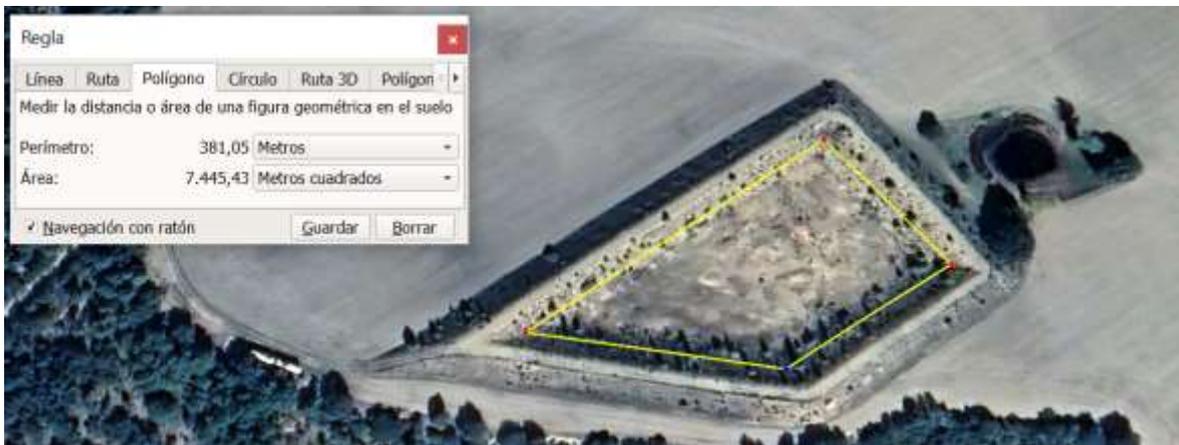


Figura 9. Superficie disponible para el parque solar fotovoltaico

Fuente: Google Earth, 2023

Se estudió en el anterior proyecto una potencia necesaria para alimentar las bombas hidráulicas de 12 kW, con las pérdidas ya incluidas. Como la tecnología hidráulica no se ha mejorado, se sigue teniendo la misma potencia a alimentar. Para suministrar dicha cantidad, solo era necesario la mitad de la superficie disponible. Sin embargo, se propuso emplear todo el espacio para otras aplicaciones que pudiera tener la energía generada.

La empresa *Power España* diseñó un parque solar con 40 paneles solares a fecha de junio del año 2023. Éstos serían suministrados por *JA Solar*, de 540 W, Monocristalinos PERC de 144 células (*JAM72S30-540/MR*). Actualmente, existe una mejor tecnología, más eficiente y con menor precio (*POWEREN ESPAÑA*, 2024).

La misma compañía propone a fecha de junio del año 2024 un parque fotovoltaico con 40 paneles, cada uno de 580W. El fabricante es *Longi*, del tipo Monocristalino de 580 W, con 144 células partidas y tecnología *P-PERC*. Se muestra en la Figura 10.

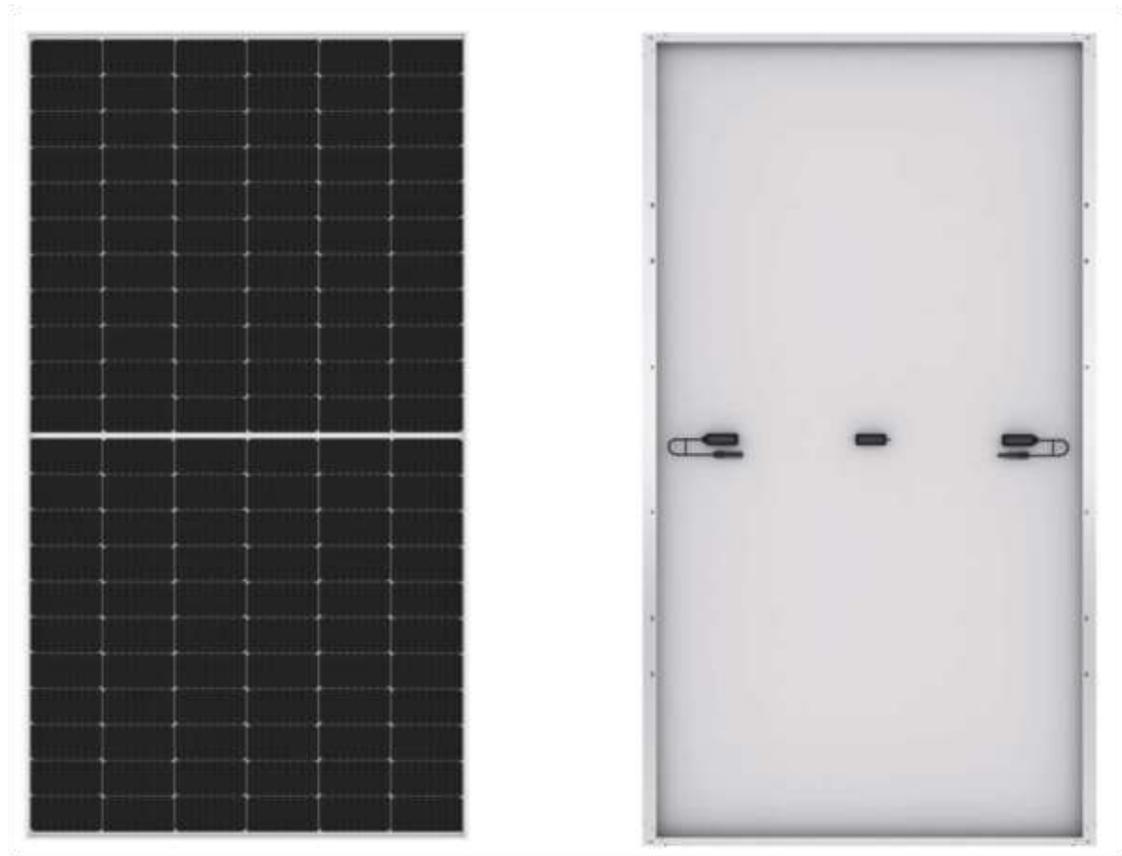


Figura 10. Panel Longi 580 W

Fuente: (TiendaSolar.es, 2024)

Estos nuevos paneles tienen la misma disposición y medidas que los estudiados en el proyecto anterior. Por ello, el número de paneles, así como sus anclajes y bases serán las mismas.

A continuación, se detalla la comparativa de precios, en la Tabla 5 (TiendaSolar.es, 2024).

	Cantidad	€/ud	COSTE
PANELES JASOLAR 540W	40	200,9	8.036,00 €
PANELES LONGI 580W	40	144	5.760,00 €
		AHORRO	2.276,00 €

Tabla 5. Comparativa de precios de los paneles solares

Fuente: (TiendaSolar.es, 2024)

Se puede observar un ahorro de:

$$8.036,00 - 5.760,00 = 2.276,00€$$

Ecuación 1. Ahorro por el uso de paneles solares más modernos

5.4 FLOTADORES

Se diseñó un parque solar flotante en la balsa donde se almacena el agua. Los paneles tendrán como base unos flotadores (Figura 11), los cuales permiten una inclinación del panel de 10° sobre la horizontal. Esto permite tener una eficiencia máxima de cara a la incidencia de los rayos de sol, en base a la latitud de la zona de instalación del proyecto. Por otro lado, al estar instalados sobre la superficie del agua, se consiguen dos cosas muy importantes. En primer lugar, se tiene una mejor refrigeración de los paneles permitiendo una temperatura de operación menor y por consiguiente mayor eficiencia. En segundo lugar, se evita la evaporación del agua por la incidencia directa del sol.

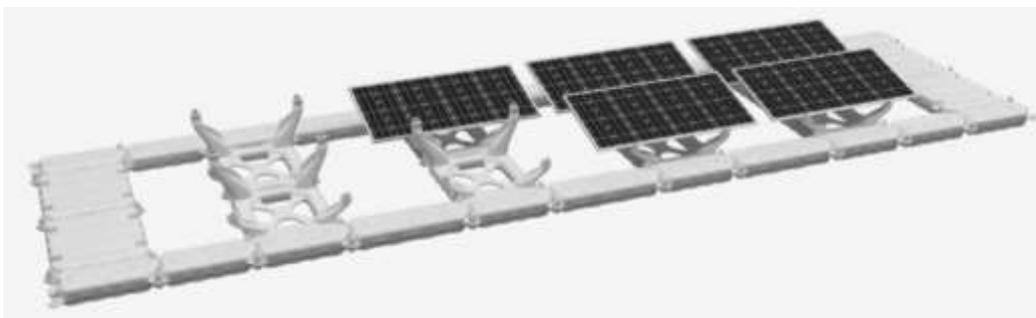


Figura 11. Base flotante de los paneles

Fuente: (MIBET ENERGY, 2024)

La tecnología empleada en estos flotadores no se ha actualizado en el último año, por lo que se mantendrá lo diseñado en el proyecto anterior.

Capítulo 6. IMPLEMENTACIÓN DE LA POTABILIZADORA

El agua obtenida de los tres pozos se almacena en dos depósitos de acero inoxidable con certificaciones para el almacenaje de agua potable (Estándar 61 NSF/ANSI, 2010).

Actualmente, se llenarán los dos depósitos primero, y por actuación de una boya y un circuito hidráulico en paralelo diseñado en el anterior proyecto, el agua pasaría a la balsa para el almacenaje de agua de riego.

Se quiere rediseñar este sistema, e implementar una potabilizadora de agua a la entrada de los dos depósitos de acero inoxidable. Tal y como afirma la propiedad de la finca, se realizó un estudio del agua en el año 2018, detallándose las más relevantes en la Tabla 6 (Propiedad, 2018). El estudio de la calidad del agua, por lo tanto, no será objeto de este proyecto.

Medida	Valor	Valor de referencia
NTU	<1	<1
pH	6.4	(6.0 - 8.5)
TDS	150 mg/L	(100 - 500) mg/L
Nitratos	50 mg/L	<50 mg/L

Tabla 6. Características del agua de los pozos

Fuente: (Propiedad, 2018)

Como se puede observar, el agua tiene buena calidad y no necesitará de tratamientos adicionales. Únicamente será necesaria una desinfección para evitar la proliferación de microorganismos patógenos en su almacenamiento y distribución. Para ello, se propone implementar una potabilizadora de agua a la entrada de los depósitos de metal, la cual añadirá

la cantidad de cloro necesaria, de acuerdo con el Real Decreto 3/2023, de 10 de enero. Este valor será, como mínimo, de $0,2 \text{ mg/L}$.

Se ha contactado con la empresa alicantina *IMA Water Technology*, especializada en el diseño y fabricación de plantas de tratamientos de agua y equipos de filtración. En concreto, proponen una planta potabilizadora compacta en contenedor adaptado o bastidor autoportante, donde todos los equipos eléctricos e hidráulicos se instalan en un contenedor de manera permanente. Con este sistema, se eliminarán los costes de inversión de trabajos de obra civil e instalación en destino (IMA Water, 2024).



Figura 12. Potabilizadora compacta de IMA Water

Fuente: (IMA Water, 2024)

El presupuesto propuesto de una potabilizadora de $12 \text{ m}^3/\text{h}$, que cumpla los requerimientos necesarios es de 16.500€ (IMA Water, 2024).

Se adjunta el catálogo de la potabilizadora en el ANEXO II: Potabilizadora.

Se quiere estudiar la rentabilidad de la potabilizadora, de cara a evaluar su instalación o no. Las dos opciones que se valoran son:

- Llenado de los depósitos con camiones cisterna. La capacidad de los camiones es de $25m^3$, y se debe incurrir en los siguientes costes:
 - Coste del viaje de camión según distancias y posición de los depósitos: 300€. Esta información es aportada por los dueños de la finca, quienes en alguna ocasión han necesitado este servicio (Propiedad, 2024).
 - Coste del agua potable: $0,9€/m^3$ (Boletín Oficial de la Provincia de Soria, 2024).

Los depósitos tienen una capacidad total de 100.000 *litros*, por lo que:

$$300 \frac{€}{\text{camión}} * \frac{1}{25 \frac{m^3}{\text{camión}}} * 100m^3 + 0,9 \frac{€}{m^3} * 100 m^3 = 1290€$$

Ecuación 2. Coste del llenado de agua potable con camiones

El coste de llenado de los depósitos al completo es de: 1290€.

- La potabilizadora ofrece el servicio en todo momento, sin gastos de energía, pues su fuente de energía es renovable (solar). Solo será necesario un pequeño mantenimiento anual, donde se limpiarán los filtros y se verificarán los niveles de desinfectante. Este servicio es ofrecido por la empresa fabricante y tiene un coste de: 150 €/año. (IMA Water, 2024)

Se plantea la instalación a 15 años, quedando de esta manera:

$$\textit{Amortización de la inversión: } \frac{16000}{15} \frac{€}{\text{años}} = 1066,67 \frac{€}{\text{año}}$$

Ecuación 3. Coste anual de la inversión de la potabilizadora

Por lo tanto, el coste anual de la potabilizadora será de:

$$\textit{Coste anual total: } 1066,67 \frac{€}{\text{año}} + 150 \frac{€}{\text{año}} = 1216,67 \frac{€}{\text{año}}$$

Ecuación 4. Coste anual total de la potabilizadora

Actualmente, el consumo medio de agua potable en la finca es de 300 *litros al día*.

$$300 \frac{\text{litros}}{\text{día}} * 365 \frac{\text{días}}{\text{año}} = 109500 \text{ litros}$$

Ecuación 5. Consumo anual estimado de agua potable

Con esto se sabe entonces que llenar una vez los depósitos con agua potable, debidamente desinfectada, una vez al año, cubre la capacidad total de los mismos (100.000 *litros*). Esto conlleva un coste en función de cada una de las opciones:

- Coste del llenado de los depósitos con camiones: 1.290 € al año.
- Coste del llenado de los depósitos con la potabilizadora: 1216,67 € al año.

Con esto se puede concluir en que la instalación de la potabilizadora es rentable.

Se analizan los detalles económicos del proyecto en el Capítulo 11.

Capítulo 7. RED DE AGUA POTABLE

El agua potable almacenada en los depósitos de metal se quiere distribuir a todos los edificios de la finca donde se necesite. Estos depósitos están a una cota de 35 metros sobre el nivel de las viviendas y naves, por lo que no se instalarán bombas que den presión a la red hidráulica. Con la ayuda del programa informático EPANET 3 se diseña la red que abastecerá de agua potable a las viviendas, como se muestra en la Figura 13.

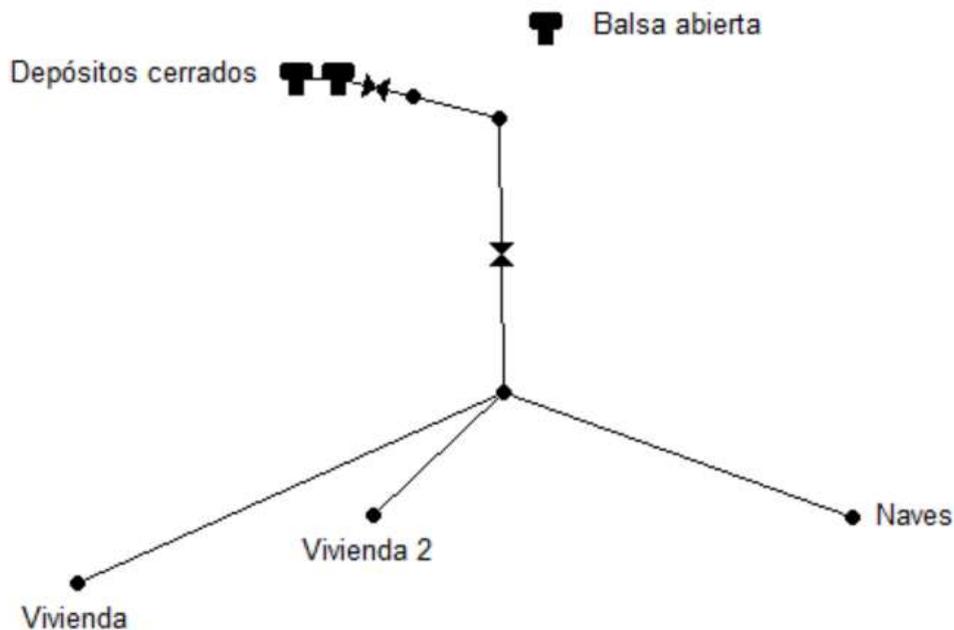


Figura 13. Red hidráulica de agua potable

Fuente: elaboración propia con EPANET

Se diseña la red de tal manera que el agua baja a un nudo común, partiendo de ahí a cada uno de los tres destinos. Para facilidad de mantenimiento y posibles reparaciones, se disponen dos válvulas que permitirán el cierre de la red en dos puntos distintos, a la salida de los depósitos y antes del nudo común donde se distribuye a las viviendas y a las naves.

Como material se proponen dos diferentes, polipropileno y polietileno. Ambos tienen buenas propiedades para el transporte de agua potable y resistencia frente a inclemencias del tiempo. Sin embargo, el polipropileno tiene un mayor precio que el polietileno, debido a que el material ofrece mayor resistencia a los desinfectantes (como el cloro) que pueda llevar el agua (TodoAgua.es, 2022). Se muestra en la Tabla 7 la comparativa del polipropileno frente al polietileno.

	POLIPROPILENO	POLIETILENO
Transmisión olor y sabor	NO	NO
Presión y temperatura	Muy buena	Muy buena
Unión	Termofusión	Mecánica
Corrosión	NO	NO
Resistencia a desinfectantes	Muy buena	Buena
Precio	Elevado	Menor

Tabla 7. Comparativa Polipropileno y Polietileno

Fuente: (Aquatarm, 2022)

Finalmente se escoge el polipropileno por dos motivos. En primer lugar, la resistencia a desinfectantes es un factor crucial, pues tendrá que soportar la carga de cloro que lleve el agua a transportar. En segundo lugar, la unión será llevada a cabo por termofusión, un proceso que no precisa de conexiones mecánicas ni material de aporte, lo que evita posibles fugas de agua con el paso del tiempo y las dilataciones de los materiales (Aquatarm, 2022).

Se adjunta la información técnica del este material en el ANEXO III: Material Polipropileno PP-R.

No se considera un inconveniente el mayor precio del material escogido frente al del polietileno.

Se escoge un diámetro de tuberías de 25 mm, con un precio de 1,35€ por metro lineal (Leroy Merlin, 2024). Las tuberías en cuestión serán como las de la Figura 14.



Figura 14. Tuberías de polipropileno de 25 mm de diámetro

Fuente: (Leroy Merlin, 2024)

En base al esquema realizado con EPANET en la Figura 13, se propone el siguiente presupuesto detallado en la Tabla 8.

	Longitud (m)	€/m	Codos	€/codo	Precio total
Circuito	233	1,35	2	0,4	315,35 €
Nudo distribuidor					24,99 €
Salida depósitos					3,00 €
Válvulas de cierre (2)					36,30 €
TOTAL					379,64 €

Tabla 8. Precio red de distribución de agua potable

Fuente: (Leroy Merlin, 2024)

El cálculo realizado se detalla a continuación:

$$233 \text{ m} * 1,35 \frac{\text{€}}{\text{m}} = 314,55\text{€}$$

Ecuación 6. Coste de las tuberías del circuito hidráulico

$$314,55 \text{ €} + 2 * 0,4 \text{ €} + 24,99 \text{ €} + 3,00\text{€} + 36,30 \text{ €} = 379,64 \text{ €}$$

Ecuación 7. Coste total de la red de distribución de agua potable

Capítulo 8. RED DE RIEGO

El agua almacenada en la balsa será empleada en los campos de regadío aledaños a la zona de instalación del proyecto, mostrados en color verde en la Figura 15.



Figura 15. Localización de los campos de regadío en la finca

Fuente: elaboración propia

Ambas parcelas tienen la misma cota y se consideran prácticamente llanas en su totalidad, teniéndose una diferencia de 40 metros desde la salida de la balsa hasta el punto de conexión con los sistemas de riego de las parcelas. El recinto más alejado dispone de un pívot (más adelante) que nunca se ha usado, instalado en el año 2000. Se tienen las conexiones disponibles para conectar la red hidráulica. La parcela más cercana será regada por aspersión, instalándose un cañón de gran alcance (más adelante) que se podrá mover de una zona a otra para regar toda la superficie arable. En la Figura 16 y la . Figura 177
se muestran imágenes de los dos sistemas que se emplearán, y la Figura 18 se muestra un esquema de las parcelas de regadío que se tienen.



Figura 16. Pívor instalado.

Fuente: elaboración propia



Figura 17. Aspensor tipo cañón.

Fuente: (Riegos Ruiz, 2023)

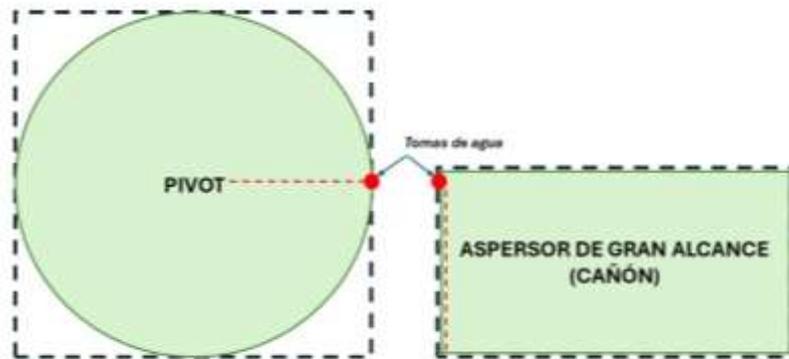


Figura 18. Esquema de las parcelas de regadío

Fuente: elaboración propia

A continuación, se describe cada uno de los dos sistemas.

8.1 PÍVOT

Un pívot de riego es un sistema automatizado que consiste en una serie de tuberías dispuestas en una estructura giratoria que se mueve circularmente sobre un punto fijo, irrigando uniformemente el área cultivada. Este sistema es impulsado por motores eléctricos que permiten su desplazamiento, asegura que el agua se distribuya de manera homogénea por toda la superficie. Dispone de unas boquillas de riego ajustables, las cuales permiten al pívot regular el flujo de agua según las necesidades específicas de los cultivos.

Los beneficios de operar el riego con un pívot en parcelas de cultivos de regadío son múltiples. En primer lugar, se logra una eficiencia hídrica notable, ya que el agua se aplica de manera precisa y controlada, lo que reduce las pérdidas por evaporación y escorrentía. Además, este sistema minimiza el esfuerzo manual y la necesidad de vigilancia constante, liberando tiempo y recursos para otras tareas agrícolas. La capacidad de personalizar los patrones de riego según las características del suelo y las etapas de desarrollo de las plantas también contribuye a mejorar la salud y el rendimiento de los cultivos. En consecuencia, se puede esperar un incremento en la productividad agrícola y una mejor gestión de los recursos naturales, lo que es fundamental para la sostenibilidad a largo plazo.

La superficie barrida por el pívot es de 20 *ha*, normalmente cultivada con cereales (trigo y cebada) y oleaginosas (girasol).

8.2 ASPERSOR DE GRAN ALCANCE (CAÑÓN)

Los aspersores de gran alcance móviles (tipo cañón) son utilizados para regar todo tipo de cultivos en parcelas donde no se tiene una instalación de riego fija (como pueden ser aspersores fijos o pívot). El aspersor barrerá de izquierda a derecha una superficie, a la vez que se desplaza longitudinalmente, consiguiendo regar una superficie rectangular. La gran ventaja frente a otros sistemas de riego es la larga vida útil y su bajo precio para las grandes

superficies que puede cubrir, en comparación con los demás sistemas de riego. Entre sus características destaca la variedad de presiones a las que puede funcionar y las distancias que puede alcanzar, todo ello ajustable en función de las necesidades. Sus gran movilidad y bajos costes de mantenimiento y operación son ventajas que hacen del cañón de riego una muy buena opción para regar los campos de cultivo en cuestión. Estos aspersores también tienen un tamaño pequeño y pesan poco, lo que ayuda a no compactar el suelo y proteger las plantas (Riegos Ruiz, 2023).

La superficie irrigada por el cañón será de 12,5 *ha*, donde se cultivarán cereales (trigo y cebada) y oleaginosas (girasol).

8.3 NECESIDADES DE LOS CULTIVOS

Se realiza el estudio de las necesidades de los cultivos únicamente para el girasol, a petición de la propiedad, por su mayor producción y rendimiento frente a los cereales. Las parcelas donde se instalan los sistemas de riego son arcillosas, lo que determina una necesidad de agua menor que en suelos arenosos.

Los girasoles requieren riegos regulares y con poca cantidad, para no excederse y provocar inundaciones. Se quiere mantener en todo momento una humedad en el suelo constante, especialmente en los periodos de germinación de las semillas y en la maduración del fruto. Para el tipo de suelo en estudio (arcilloso), se necesitan en torno a 5000 m^3/ha o 500 *mm* de agua en total para toda la campaña (Traxco.es, 2013).

Las labores que precisa esta oleaginosa son varias. En primer, durante el invierno se necesita un arado de la tierra que la dejará esponjosa y con capacidad de absorber el agua. Más adelante, cuando hace más calor y llega la época de siembra (abril – mayo), se procede a una aplicación de herbicida general, que elimina todas las malas hierbas que hayan podido nacer en este margen de tiempo. Una vez tratada la tierra, se trabajará con una grada, con la cual se dejará una superficie llana y libre de terrones que puedan entorpecer la siembra. Con estas labores, el suelo ya está preparado para sembrarse de girasol y no actuar más sobre este

cultivo, a excepción del riego. El girasol utilizado en la provincia de Soria no necesita ningún tipo de abonado, pues es una planta que aprovecha bien los nutrientes disponibles en la tierra.

8.4 ESTUDIO ECONÓMICO

La implementación del regadío en la finca busca maximizar los beneficios obtenidos de la agricultura. A continuación, se realiza una comparación basada en el cultivo de girasol, tanto en secano como en regadío. Las dos opciones requieren de las mismas labores mencionadas en el punto 8.3, con la única diferencia de la adición de riego.

La superficie total estudiada es de 32,5 *ha*, dividida en dos parcelas, como se muestra en la Figura 18. Estableciendo una cantidad necesaria de agua para el girasol de 5000 m^3/ha para el desarrollo completo de la planta, se tiene el siguiente estudio económico en base a las necesidades del cultivo.

- Arado de la tierra: esta labor se realiza durante el invierno. La dejará esponjosa y con capacidad de absorber el agua.
- Herbicida: para combatir las malas hierbas nacidas antes de la siembra y evitar que proliferen a la vez que crecen los girasoles. Se utilizan herbicidas de acción total, lo cuales tienen un precio de 8€/L (Servicios Medioambientales de Almaluez SL, 2024). La proporción de aplicación depende del tipo de hierbas que se quieran combatir, estando entre 1,5 L/ha y 3 L/ha. Se toma el valor de 2 L/ha. Se muestra el coste total de la herbicida en Tabla 9.

	Precio (€/l)	Proporción (l/ha)	Superficie total (ha)	Precio total herbicida
Herbicida acción total	8	2	32,5	520,00 €

Tabla 9. Coste del herbicida

Fuente: (Servicios Medioambientales de Almaluez SL, 2024)

$$8 \frac{\text{€}}{\text{l}} * 2 \frac{\text{l}}{\text{ha}} * 32,5 \text{ ha} = 520,00 \text{ €}$$

Ecuación 8. Coste del herbicida

- Grada: con esta labor se dejará una superficie llana y libre de terrones que puedan entorpecer la siembra.
- Siembra: se entierran las semillas.
- Riego: mantener la humedad de la tierra en los niveles óptimos para maximizar la producción del cultivo.

Para el completo desarrollo de las parcelas estudiadas (32,5 ha) y una necesidad de 5000 m³/ha, son necesarios 162500m³ de agua.

$$5000 \frac{\text{m}^3}{\text{ha}} * 32,5 \text{ ha} = 162.500 \text{ m}^3$$

Ecuación 9. Cantidad de agua necesaria para el desarrollo del cultivo

El girasol en regadío consigue triplicar su producción, pasando de 1000 – 2000 kg/ha a 4000 – 5000 kg/ha, con el volumen de agua estudiado en cuestión de 5000 m³/ha. (Extremadura21.com, 2022)

- Tiempos y gasto de gasoil: se considera un precio de gasoil a fecha de junio de 2024 y unos tiempos por tarea con la maquinaria actual aportados por la propiedad de la finca, todo ello detallado en la Tabla 10. No se considera el precio de la mano de obra.

	Precio (€/l)	Duración (h/ha)	Superficie total (ha)	Tiempo total (h)	Consumo de combustible (l/h)	Coste de combustible
Gasoil	0,95					
Labrar		1	32,5	32,5	30	975,00 €
Herbicida		0,092	32,5	3	12	36,00 €
Grada		0,25	32,5	8,13	20	162,50 €
Sembrar		0,25	32,5	8,13	15	121,88 €
TOTAL				51,75		1.295,38 €

Tabla 10. Tiempos empleados en las tareas y precios

Fuente: (Propiedad, 2024)

A continuación, se estudia el beneficio obtenido por el uso de regadío frente al cultivo en seco. Las labores a efectuar son las mismas en las dos formas de agricultura, con la diferencia del riego a aplicar en el regadío. El agua empleada no cuesta dinero debido a la concesión de las aguas del Duero de las que dispone la propiedad (Propiedad, 2024). Por otro lado, el aspersor de gran alcance tipo cañón no necesita ningún tipo de accionamiento eléctrico, pues el movimiento longitudinal será realizado con la toma de fuerza del tractor que lo opere. En cambio, el pívot sí necesita accionamiento eléctrico para poder rotar. Actualmente está conectado a la red eléctrica que abastece las naves y casas de la finca, pero esto cambiará con la realización de este proyecto. Se quiere accionar el sistema de riego con las baterías eléctricas que se estudian en el *Capítulo 9. Excedente de Energía Solar Producida*, con el fin crear una red de riego y alimentación eléctrica 100% verde.

En la Tabla 11 se detalla el beneficio extra conseguido por la implementación del regadío, con los precios a fecha de junio de 2024 de la Lonja del Ebro (Periódico ELMundo, 2024).

	Producción kg/ha	Precio €/tonelada	Superficie total (ha)	Beneficio bruto	Beneficio extra
Girasol secano	2000	344	32,5	22.360,00 €	
Girasol regadío	4000	344	32,5	44.720,00 €	22.360,00 €

Tabla 11. Beneficio extra conseguido por la implementación del regadío

Fuente: elaboración propia

Los cálculos efectuados son los siguientes:

$$2.500 \frac{kg}{ha} * 344 \frac{€}{t} * 32,5 ha * \frac{1}{1.000} \frac{t}{kg} = 22.360,00 €$$

Ecuación 10. Beneficio bruto del cultivo de girasol en seco

$$4.000 \frac{kg}{ha} * 344 \frac{€}{t} * 32,5 ha * \frac{1}{1.000} \frac{t}{kg} = 44.720,00 €$$

Ecuación 11. Beneficio bruto del cultivo de girasol en regadío

$$44.720,00 \text{ €} - 22.360,00 \text{ €} = 22.360,00 \text{ €}$$

Ecuación 12. Beneficio adicional por el uso del cultivo en regadío

8.5 PRECIO DE LOS COMPONENTES

Se proyecta este apartado con la empresa riojana especializada en el sector “Riegos Ruiz”, la cual se encarga de la obra civil de la red de tuberías y la adquisición del cañón aspersor, así como el acople y puesta en marcha del pivó ya disponible en la finca. Del contacto con la empresa se obtiene el siguiente presupuesto:

Acción	Coste componentes
Obra civil	4.500,00 €
Acople y puesta en marcha pivó	600,00 €
Cañón aspersor	3.650,00 €
TOTAL	8.750,00 €

Tabla 12. Presupuesto red de riego

Fuente: (Riegos Ruiz, 2024)

Capítulo 9. EXCEDENTE DE ENERGÍA SOLAR

PRODUCIDA

El parque solar flotante estudiado anteriormente, será instalado en la superficie de la balsa donde se almacenará el agua de lluvia. Estos paneles fotovoltaicos se diseñaron para alimentar las bombas que extraen el agua de los pozos, necesitando 12 kW de potencia en total, con las pérdidas incluidas. Sin embargo, la empresa *Powen España* permite utilizar toda la superficie de la balsa y rellenarla con el mayor número de paneles posibles. Así, se obtiene un parque de 40 paneles del tipo Monocristalino de 580 W, con 144 células partidas y tecnología *P-PERC*, del fabricante *Longi*. (POWEN ESPAÑA, 2024)

Con esto se tiene una potencia pico de 23,2 kW, que supone 11,2 kW de potencia pico excedente.

$$23,2 \text{ kW} - 12 \text{ kW} = 11,2 \text{ kW excedente}$$

Ecuación 13. Cálculo del excedente de potencia pico disponible

Sin embargo, el diseño de alimentación de las bombas hidráulicas estudiado en el anterior proyecto no trata el parque fotovoltaico como un conjunto completo, si no dividido por paneles para cada una de las aplicaciones que se tienen. En concreto, el parque alimenta las tres bombas con una potencia diferente cada una, presentadas en la Tabla 13.

Circuito	Bomba	P2 (kW)	P2 (kW) alimentación (pérdidas incluidas)	Nº de paneles
1	VMS 10	4,76	6,47	12
2	VMS 10	1,75	2,38	5
3	VMS 10	2,32	3,15	6
TOTAL		8,83	12,00	23
			% Pérdidas	35,96%
			Potencia unidad (kW)	0,58

Tabla 13. Distribución de la potencia empleada

Fuente: elaboración propia

Con esto, se divide el parque solar en cuatro zonas, tres para cada una de las bombas, y la cuarta zona se empleará en los estudios detallados a continuación.

Como cada zona es independiente, se asigna un número de placas a cada zona del total de 40 unidades. En concreto, la bomba 1 la alimentan 12 paneles; la bomba 2, 5; y la bomba 3 obtiene energía de 6 paneles fotovoltaicos. Esto hace un total de 23 paneles empleados, y 17 restantes para otras aplicaciones, que darán 9,86 kW.

Los cálculos realizados son:

$$\frac{6,47}{0,58} \text{ kW} = 11,2 \text{ paneles} \rightarrow 12 \text{ paneles}$$

Ecuación 14. Cálculo del número de paneles para la bomba 1

$$\frac{2,38}{0,58} \text{ kW} = 4,1 \text{ paneles} \rightarrow 5 \text{ paneles}$$

Ecuación 15. Cálculo del número de paneles para la bomba 2

$$\frac{3,15}{0,58} \text{ kW} = 5,4 \text{ paneles} \rightarrow 6 \text{ paneles}$$

Ecuación 16. Cálculo del número de paneles para la bomba 3

Se estudia el almacenamiento en baterías para poder abastecer en cualquier momento a las naves de uso agrícola, tanto para iluminar, como para accionar maquinaria de trabajo conectadas a las tomas de corriente.

Adicionalmente, se estudia una instalación hidráulica que genere electricidad mediante la energía potencial que tiene el agua almacenada en la balsa, moviendo una turbina en momentos de necesidad de potencia, y bombeando el agua en momentos de excedencia de energía.

9.1 ALMACENAMIENTO EN BATERÍAS

Los 17 paneles solares restantes, que aportan 9,86 kW, del parque flotante se dedican a la alimentación de las tomas de corriente de las naves, así como su iluminación. Se estudia una instalación apoyada con baterías, que aporten una seguridad y apoyo al sistema eléctrico en momentos en los que no se disponga de sol o sea de noche, u ocurra un apagón. El uso de baterías reducirá el gasto de la red eléctrica general. Se muestra en Figura 19 un esquema de la instalación aportado por la empresa castellanense “DIREENERGY” (DIREENERGY, 2020).

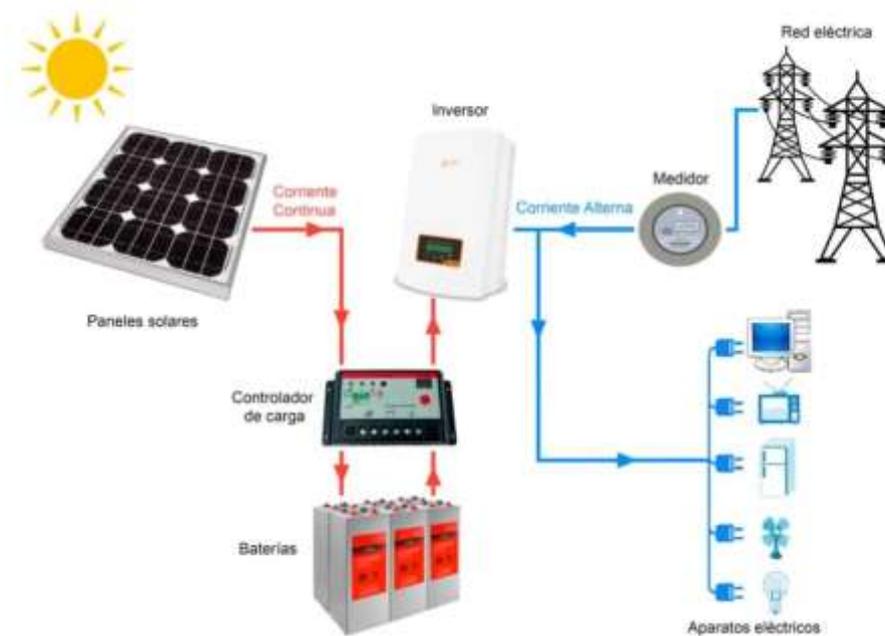


Figura 19. Esquema de la instalación eléctrica

Fuente: (DIREENERGY, 2020)

El funcionamiento de este sistema es el siguiente: (DIREENERGY, 2020)

1. El parque solar genera electricidad en corriente continua que, a través del controlador, llega al inversor.
2. Una vez en el inversor y convertida a corriente alterna, se emplea en las tomas de corriente y la iluminación de las naves.
3. El controlador se encarga de distribuir energía en corriente continua a las baterías en caso de necesitarse, o de enviarla al inversor directamente si éste la requiere.

Se estima el consumo de las naves en un total de 11,15 kW, representado en la Tabla 14. (Propiedad, 2024)

Elemento	Potencia (W)
Iluminación LED para 800m ²	2800
Soldadora inverter	1250
Esmeril de banco	350
Radial	500
Calefactores zona de trabajo	5000
Compresor	1250
TOTAL	11150

Tabla 14. Consumo de las naves

Fuente: (Propiedad, 2024)

Pese a tener una potencia superior a la aportada por los paneles solares, no siempre están conectados todos los consumos de las naves. En caso de ser así, la instalación está conectada a red y puede disponer de ella cuando se necesite.

El cálculo de las baterías necesarias se realiza en base al consumo diario estimado por los propietarios según la Tabla 15.

Elemento	Potencia (W)	Horas de uso al día	kWh según uso
Iluminación LED para 800m ²	2800	7	19,6
Soldadora inverter	1250	1	1,25
Esmeril de banco	350	1	0,35
Radial	500	1	0,5
Calefactores zona de trabajo	5000	2	10
Compresor	1250	3	3,75
TOTAL	11150		35,45

Tabla 15. Consumo diario

Fuente: (Propiedad, 2024), elaboración propia

Los cálculos llevados a cabo para el diseño de las baterías es el que se detalla a continuación.

Es necesario establecer qué cantidad de días de respaldo se quiere en caso de apagón de la red o desconexión del parque solar fotovoltaico (fallos, días nublados...). En concreto, se ha decidido tener sólo 1 día de respaldo, por lo que el consumo a suplir es:

$$35,45 \frac{kWh}{\text{día}} \text{ consumidos por la nave}$$

Por otro lado, las baterías no deben descargarse por completo si se quiere una larga vida útil de las mismas. Lo normal es considerar un 80% de profundidad de descarga “DoD” (CambioEnergético.com, 2023), lo que quiere decir que solo se puede usar un 80% de su carga total. Con esto:

$$\frac{35,45}{0,8} kWh = 44,31 kWh$$

Ecuación 17. Capacidad de la batería teniendo en cuenta DoD

Finalmente, se deben considerar las pérdidas de eficiencia del sistema, producidas por la actividad interna y por la conversión de energía. Se asume una eficiencia del 90%, teniéndose:

$$\frac{44,31}{0,9} kWh = 49,24 kWh$$

Ecuación 18. Capacidad de la batería teniendo en cuenta la eficiencia

Tras estos cálculos, se debe instalar una batería de 49,24 kWh de capacidad de almacenamiento.

Se contacta con la empresa “ENF Solar”, especializada en ofrecer soluciones para instalaciones de energías renovables. Disponen de todo tipo de baterías de almacenamiento, tanto para situaciones en hogares domésticos, donde el consumo es pequeño, como para industrias y lugares de alto consumo energético, como es el caso de la nave agrícola de estudio. (ENF Solar, 2024)

Esta empresa trabaja en España con la distribución de baterías de almacenamiento eléctrico de la marca “Shinson”, conocida a nivel mundial por sus productos para instalaciones renovables domésticas e industriales (Shinson Tech, 2024). Concretamente se escoge el modelo “S-MGC 50-64”, una batería LFP (Lithium Iron Phosphate), con 5000 ciclos de carga, lo que supondría una durabilidad de casi 14 años si todos los días se usase toda su capacidad.

Dispone de una capacidad de 64 kWh , un peso de $< 2700\text{ kg}$ y unas dimensiones de $2,2 \times 1,3 \times 2,49\text{ metros}$. Todo el sistema está empaquetado en un mismo armario, integrado también con el sistema de refrigeración HVAC.

Este sistema de baterías cuenta con la posibilidad de ampliación en capacidad de almacenaje de energía, añadiendo racks de baterías. En concreto, se puede ampliar hasta un máximo de 192 kWh , sin necesidad de cambiar el armario instalado. Se muestra en la Figura 20.



Figura 20. Batería de almacenamiento Shinson S-MGC 50-64

Fuente: (Shinson Tech, 2024)

Toda la información adicional relativa a esta batería de almacenamiento se encuentra en la hoja técnica adjunta en el ANEXO IV: Batería de Almacenaje LFP.

El precio de todo el conjunto estudiado es de 13.800€. No requiere costes del mantenimiento ni de instalación. (ENF Solar, 2024)

Capítulo 10. MODELO DE NEGOCIO CON EDAR

La finca donde se ubica el proyecto está dedicada a la explotación agrícola. Principalmente se cultivan cereales, como el trigo, la cebada o el centeno, y oleaginosas como el girasol. La gran parte de las hectáreas de cultivo son de secano, a excepción de las de regadío que se han diseñado en este proyecto (32,5 *ha*), con sus sistemas de riego.

La propiedad está ubicada en las inmediaciones de la ciudad de Soria, concretamente en el término municipal de Los Rábanos, a unos 10 *km* de distancia.

La nueva depuradora de la ciudad de Soria y el pueblo de Los Rábanos, “EDAR Sinova”, se encuentra en una situación muy cercana a la finca. En concreto, en línea recta hay 5 *km*, y por carretera son 7,3 *km* de distancia, datos obtenidos de “Google Earth”. Por este motivo, se quiere estudiar el modelo de negocio de la finca con la “EDAR Sinova”.

10.1 FUNCIONAMIENTO DE LA EDAR SINOVA

Esta infraestructura se ha diseñado para dar servicio a 180.000 habitantes, capaz de tratar un caudal medio de aguas residuales de 24.000 $m^3/día$, permitiendo el tratamiento de caudales punta de 48.000 $m^3/día$. Las aguas residuales llegan a las instalaciones a través de un túnel emisario de 5 km de longitud.

La EDAR se compone de un proceso de pretratamiento, decantación primaria y tratamiento de tormentas, diseñados para 1,7 m^3/sg . Dispone también de un tratamiento biológico de fangos activos de baja carga de tipología secuencial (SBR), capaz de eliminar nutrientes y poder verter esa agua en zona sensible.

Además, incluye tratamiento de fangos mediante digestión anaerobia. Se ha instalado un generador para el aprovechamiento energético del biogás producido y un sistema de deshidratación mediante tornillos que mejoren la eficiencia de la instalación.

Toda la información ha sido obtenida de OHLA, la empresa constructora (OHLA, 2024).

Las características del vertido serán: (Información recuperada de “Convenio EDAR Soria” (Los Ayuntamientos, 2019))

Característica	mg/l
DBO ₅	25
DQO	125
SST	35
N _{TOTAL}	15
P	2

Tabla 16. Características vertido de aguas

Fuente: (Los Ayuntamientos, 2019)

A continuación, se muestra una imagen aérea de la EDAR en cuestión:



Figura 21. EDAR Sinova

Fuente: (OHLA, 2024)

10.2 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE FANGOS ACTIVOS (SBR)

Este tratamiento es un proceso empleado para tratar el agua residual en ciclos secuenciales. En primer lugar, el reactor se llena de agua residual y los lodos activos consumen la materia orgánica y cualquier otro nutriente que pueda existir. En esta fase el agua es aireada para

poder mantener unas condiciones aeróbicas que promuevan la actividad bacteriana. Una vez terminada esta fase, la aireación se detiene y por sedimentación, los lodos caen al fondo del reactor. Por último, el agua libre de materia orgánica y nutrientes se decanta para sacarla del reactor y separarla del lodo.

El diseño de esta EDAR lleva estos lodos al digestor anaerobio, con el fin de generar biogás y emplearlo energéticamente.

10.3 DIGESTIÓN ANAEROBIA

La EDAR Sinova incorpora un digestor anaerobio que genera biogás, y posteriormente se genera electricidad con este combustible. En este digestor entran diferentes tipos de lodos:

- Lodos primarios: se recogen de los primeros procesos (físicos), donde los decantadores separan en gran parte la materia orgánica y los sólidos del agua residual que se trata.
- Lodos secundarios: se generan en los tratamientos secundarios, en este caso en el tratamiento biológico de fangos activos (SBR). Estos lodos contienen microorganismos (provenientes de los fangos activos) y materia orgánica (eliminada del agua residual).

El digestor anaerobio genera una variedad de productos que tienen diversas aplicaciones:

- Biogás: principalmente contiene metano (CH_4) y dióxido de carbono (CO_2). En el caso de la EDAR estudiada se utiliza para generar electricidad mediante un generador, considerándose una fuente de energía renovable.
- Digestato: tras la digestión anaerobia se genera una serie de sólidos y líquidos. Éstos pueden ser empleados como fertilizantes en suelos de cultivos.
- Nutrientes: en el digestor anaerobio se generan nutrientes, como el nitrógeno y el fósforo, los cuales se pueden recuperar y emplearse en agricultura.

10.4 APLICACIÓN A LA FINCA AGRÍCOLA

La finca agrícola está dedicada al cultivo de cereales y oleaginosas, tanto en secano como en regadío. Para el buen crecimiento de los cultivos, se debe trabajar la tierra de manera adecuada y en los momentos oportunos, así como su buen abonado, que aporte nutrientes a la tierra, como el potasio, fósforo y nitrógeno.

Se ha visto que los productos generados por el digestor anaerobio pueden ser empleados como fertilizante en agricultura. El Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, que surtió efecto el 1 de enero de 2024, regula el aporte sostenible de nutrientes a los suelos de toda España, así como contribuir a los objetivos de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del Reino de España a 2023 (Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado, 2022). Se permite aplicar estos lodos como fertilizantes habiendo recibido un tratamiento que garantice menos del 25% en contenido de materia orgánica y conociendo el contenido en Salmonella. Por otro lado, se prohíbe la aplicación a menos de cinco metros de la orilla de ríos, lagos, etc. Se detalla la sección en cuestión del Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, en el ANEXO 5: Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre.

Por lo tanto, se propone un estudio del uso de los lodos como fertilizante en la finca.

Todavía no está operativa la EDAR, y por lo tanto el digestor anaerobio tampoco, por lo que no se conoce la composición que tienen los lodos extraídos de este digestor. Se obtienen datos generalizados de estudios realizados por la Universitat Politècnica de Catalunya UPC en el año 2010, donde se obtienen los siguientes rangos de valores: (X. Flotats, 2010)

- Nitrógeno: 1.6 – 4.5 % en base seca.
- Fósforo: 0.5 – 3.5 % en base seca.
- Potasio: 0.2 – 1.5 % en base seca.

Se toman valores medios para estudiar la productividad, teniéndose 3% de nitrógeno, 2% de fósforo y 0.9% de potasio.

La empresa “Biorig”, dedicada a la comercialización de compost y materia orgánica, propone las siguientes cantidades de nutrientes a añadir a la tierra: (Biorig, 2024)

- 175 *kg/ha* de nitrógeno
- 100 *kg/ha* de fósforo
- 75 *kg/ha* de potasio

En base a los valores medios de los nutrientes tomados del lodo que se cogerá, se calcula la cantidad de materia orgánica que se necesitará aplicar:

$$\frac{100\%}{3\%} \frac{x}{175 \frac{kg}{ha}} \rightarrow x = 5.833,33 \frac{kg}{ha} \text{ de materia orgánica}$$

Ecuación 19. Cantidad de materia orgánica a aplicar por hectárea en base al nitrógeno

$$\frac{100\%}{2\%} \frac{x}{100 \frac{kg}{ha}} \rightarrow x = 5.000 \frac{kg}{ha} \text{ de materia orgánica}$$

Ecuación 20. Cantidad de materia orgánica a aplicar por hectárea en base al nitrógeno

$$\frac{100\%}{1,2\%} \frac{x}{75 \frac{kg}{ha}} \rightarrow x = 6.250 \frac{kg}{ha} \text{ de materia orgánica}$$

Ecuación 21. Cantidad de materia orgánica a aplicar por hectárea en base al nitrógeno

Se toma un valor medio de 6000 *kg/ha* de lodos para poder prescindir del abonado convencional y mantener buenos niveles de nutrientes en la tierra.

Capítulo 11. ANÁLISIS ECONÓMICO

El proyecto necesita de una rentabilidad a futuro, donde se recupere la inversión inicial y se obtengan beneficios. Para ello, se analiza el estudio completo con una perspectiva económica, empleando herramientas financieras, como Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR), de la inversión que se realizará. El Valor Actual Neto calcula la diferencia entre el valor presente de los flujos de efectivo futuros generados y el coste inicial. La Tasa Interna de Retorno es la tasa de descuento que iguala el VAN a cero, consiguiéndose así la tasa de retorno ideal para el proyecto. Si la TIR es mayor que el tipo de interés, el proyecto es rentable. Si el VAN es positivo, se considera el proyecto viable de igual manera.

Estos métodos ofrecen numerosos beneficios de cara al estudio del proyecto. En primer lugar, consiguiendo una perspectiva completa del proyecto. Es posible estudiar la rentabilidad y viabilidad de una forma más clara, representando el valor creado por el proyecto y su tasa de retorno. Se puede además obtener una validación mutua, es decir, si VAN y TIR están alineados se refuerza la confianza en el proyecto y en su inversión. Por último, estas herramientas pueden evaluar la magnitud de la rentabilidad y su eficiencia. Esto quiere decir que, es útil para entender el riesgo o la recompensa del proyecto, facilitando así una decisión a los inversores (Pérez, 2021).

Se realiza el estudio a 10 años vista.

El VAN se calcula como:

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

Ecuación 22. Ecuación del VAN

Siendo:

I_0 : Inversión inicial

n : Número de periodos

F_t : Flujos de caja generados por el proyecto desde el periodo 1 al n

i : Tasa de descuento

La TIR se calcula como:

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} = 0$$

Ecuación 23. Ecuación de la TIR

Siendo:

I_0 : Inversión inicial

n : Número de periodos

F_t : Flujos de caja generados por el proyecto desde el periodo 1 al n

i : Tasa de descuento

11.1 INVERSIÓN INICIAL

La ejecución del proyecto conlleva una inversión inicial para poder ejecutar las diferentes actividades que se han diseñado. A continuación, se detallan los costes de cada elemento del proyecto, tratando el precio de los componentes y su instalación (transporte, mano de obra). Los costes de ingeniería no se valoran debido a que la realización del proyecto llevada a cabo por el ingeniero es familiar directo de la propiedad de la finca:

- Red hidráulica actualizada: la red hidráulica ya diseñada en el proyecto del que se parte, con los precios y tecnologías actualizadas, tiene un coste de componentes de 3.365,91 € y un coste de instalación de 1.920,00 €, incluyéndose el transporte de

materiales en este último. La instalación y obra de esta red tiene un coste de retirada de materiales de 100 €.

- Sistema de bombeo actualizado: las bombas diseñadas, con sus precios actualizados a fecha de junio de 2024 (SULZER, 2022), tienen un coste de 21.055,00 €, con una instalación de 1.050,00 €. La retirada de materiales derivada de la instalación de las bombas hidráulicas asciende a 50 €, por el reciclaje de plásticos y palés llevados al lugar del proyecto.
- Parque solar actualizado: el precio de los nuevos paneles solares es de 5.760,00 €. Esto hace un coste de los componentes total del parque de 15.365,21 €. Además, la instalación tiene un precio de 1.411,18 €. La instalación del parque solar conlleva una retirada de materiales de la obra, entrando plásticos, palés, espuma de poliestireno..., que asciende a 1000 €.
- Potabilizadora: El precio presupuestado por la potabilizadora es de 16.000,00 €, con una instalación de 2.000,00 € llevada a cabo por la empresa comercializadora de la misma. La retirada de los materiales empleados en la instalación es de 100 €.
- Red de agua potable: Los componentes de la red de agua potable diseñada tienen un precio de 379,64 €. La instalación y el transporte de todos los elementos se estima en 40 horas con un precio de mano de obra de 40 €/hora (Propiedad, 2024). Esto se traduce en 1.600,00 €. La instalación y obra de esta red tiene un coste de retirada de materiales de 100 €.
- Red de riego: esta red incluye el coste del aspersor tipo cañón, el acople y puesta en marcha del pivót disponible en la propiedad y la obra civil necesaria para el funcionamiento de estos sistemas de riego avanzados. La retira de materiales corre a cargo de la empresa instaladora “Riegos Ruiz”, incluida en los costes de instalación.
- Uso del excedente de energía solar: el precio de las baterías presupuestadas es de 13.800,00 €, incluyendo el cableado y soportes necesarios. Por otro lado, se tiene un coste de instalación de 1.200,00 €, derivado de $60 \frac{\text{€}}{\text{hora}}$ de mano de obra realizada por técnicos especializados y 20 horas de trabajo. La retirada de materiales tiene un costo de 100 €, por el reciclaje de plásticos y palés llevados al lugar del proyecto

La distribución de costes para la inversión inicial queda de la siguiente manera, con un total de 89.346,94 €:

Elemento de la instalación	Coste componentes	Coste instalación	Coste ambiental	Total inversión
Actualización red hidráulica	3.365,91 €	1.920,00 €	100,00 €	5.385,91 €
Actualización bombeo	21.055,00 €	1.050,00 €	50,00 €	22.155,00 €
Actualización paneles	15.365,21 €	1.411,18 €	1.000,00 €	17.776,39 €
Potabilizadora	16.000,00 €	2.000,00 €	100,00 €	18.100,00 €
Red de agua potable	379,64 €	1.600,00 €	100,00 €	2.079,64 €
Red de riego	7.750,00 €	1.000,00 €	- €	8.750,00 €
Excedente de energía (baterías)	13.800,00 €	1.200,00 €	100,00 €	15.100,00 €
		TOTAL		89.346,94 €

Tabla 17. Inversión inicial del proyecto

Fuente: elaboración propia

11.2 FLUJOS DE CAJA

La operativa de la finca genera diversos flujos de caja, los cuales se han ido estudiando a lo largo del proyecto. Se realiza el estudio a 15 años vista, fijándose en los diferentes flujos de caja de manera anual. En primer lugar, la finca tiene ahorros por la operativa de energías renovables y el almacenamiento eléctrico en baterías. Además, el uso de la propia agua obtenida de los pozos de la propiedad supone un ahorro importante. Por otro lado, la implementación del regadío aumenta la productividad de la finca en gran medida, así como el uso de los lodos de la EDAR en el abonado de los cultivos. Sin embargo, el funcionamiento de todos estos sistemas conlleva unos costes anuales, como son los costes de mantenimiento o los ambientales y de retirada de material. Se tienen:

- Red hidráulica actualizada: no tiene coste de O&M, pues no se prevé ningún tipo de mantenimiento en los 15 años proyectados del estudio. Como beneficio/ahorro obtenido de este elemento de la instalación se podría considerar la disponibilidad de agua en cualquier momento del año, no teniendo que contratar ningún servicio de agua (potable y no potable) que suministre a la finca. Sin embargo, la disponibilidad del agua es la base del proyecto, y sin ella no se podría llevar a cabo ninguno de los aspectos estudiados. Por ello, se considera un beneficio nulo por el uso de esta agua.
- Sistema de bombeo actualizado: Los costes de O&M son de 840 €, obtenidos de (Díez, 2023):

$$3 \text{ bombas} * 4 \frac{h}{\text{bomba}} * \frac{35\text{€}}{h \text{ operario}} * 2 \text{ operarios} = 840 \text{ €}$$

Ecuación 24. Coste O&M de las bombas

De igual manera que en la red hidráulica, no se consideran beneficios por la implementación de las bombas que obtienen el agua de los pozos.

- Parque solar actualizado: se necesita de un mantenimiento de limpieza y verificación de los sistemas anual para el parque solar fotovoltaico, previsto para realizar en 5 horas de trabajo.

$$4 \text{ horas} * 30 \frac{\text{€}}{\text{hora}} = 120\text{€}$$

Ecuación 25. Coste de mantenimiento del parque solar

El beneficio es derivado del ahorro de electricidad. Las tres bombas tienen una potencia total de 8,83 kW, y se consideran 6 horas diarias de sol efectivas que alimentan las bombas. Se calcula gasto anual de electricidad que se tendría para alimentar las mismas, con un precio medio de 55,5 €/MWh (Redacción, 2024):

$$55,5 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} * \frac{1\text{MWh}}{1000\text{kWh}} * 6h * 365\text{días} = 121,55\text{€ al año}$$

Ecuación 26. Ahorro de electricidad de la alimentación de las bombas hidráulicas

- Potabilizadora: El beneficio aportado por la potabilizadora es el ahorrado por la obtención del agua potable a través de camiones. En concreto, se tiene un ahorro de 73,33 € al año. Por otro lado, el mantenimiento y la operación de la potabilizadora es de 150 €/año.
- Red de agua potable: los beneficios obtenidos de esta red son los mismos que se detallan para la potabilizadora, pues el producto consumido es el mismo. Por otro lado, no se prevén costes de O&M para los 15 años de estudio del proyecto.
- Red de riego: el beneficio anual obtenido por la red de riego es el generado por la implementación del regadío en la finca. Todo el estudio queda detallado en “Red de Riego”, con un beneficio obtenido anual de 22.360,00 €.
- Uso del excedente de energía solar: la instalación de baterías no tiene costes derivados de mantenimiento, según especifica el fabricante (Shinson Tech, 2024). Por otro lado, las naves que son alimentadas por esta red eléctrica tienen un consumo de 35,45 kWh diarios, calculando así el ahorro supuesto por esta instalación.

$$55,5 \frac{\text{€}}{\text{MWh}} * \frac{1\text{MWh}}{1000\text{kWh}} * 35,45\text{kWh} * 365\text{días} = 718,13\text{€ al año}$$

Ecuación 27. Ahorro de electricidad por el uso de energías renovables

Se muestran a continuación estos flujos de caja:

Aspecto	Beneficio/Ahorro anual	Coste O&M anual	Flujo de caja neto
Actualización red hidráulica	- €	- €	- €
Actualización bombeo	- €	840,00 €	- 840,00 €
Actualización paneles	121,55 €	120,00 €	1,55 €
Potabilizadora	73,33 €	150,00 €	- 76,67 €
Red de agua potable	- €	- €	- €
Red de riego	22.360,00 €	- €	22.360,00 €
Excedente de energía (baterías)	718,13 €	- €	718,13 €
		TOTAL	22.163,01 €

Tabla 18. Flujo de caja anual del proyecto

Fuente: elaboración propia

Se considera un flujo de caja constante al largo de los años.

11.3 ESTUDIO

Se realiza el estudio con VAN y TIR para obtener una visión clara sobre la inversión del proyecto.

El estudio de la inversión a 10 años tiene los siguientes flujos de caja.

AÑO	Flujo de caja
0	- 89.346,94 €
1	22.163,01 €
2	22.163,01 €
3	22.163,01 €
4	22.163,01 €
5	22.163,01 €
6	22.163,01 €
7	22.163,01 €
8	22.163,01 €
9	22.163,01 €
10	22.163,01 €

Tabla 19. Flujos de caja de la inversión

Fuente: elaboración propia

Con la herramienta de cálculo Excel, se realizan los estudios de VAN y TIR. Se toma una tasa de descuento de un 10 % para el cálculo del VAN, reflejando el posible riesgo de la inversión y el rendimiento mínimo esperado de este proyecto. Los valores son:

VAN	42.577,42 €
TIR	21%
Tasa descuento	10%

Tabla 20. Valores del estudio económico. VAN y TIR

Fuente: (elaboración propia)

Se analizan las conclusiones sobre la inversión del proyecto en “Conclusiones y acciones futuras”.

Capítulo 12. OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) son metas establecidas en 2015 por las Naciones Unidas, en concreto 17 metas. Tienen como fin enfrentar los desafíos de la humanidad y el planeta, como son la pobreza, la protección del planeta y garantizar la paz y prosperidad para todas las personas a partir de 2030. Los ODS abarcan muchas áreas, tocando desde la educación y la salud hasta aspectos como la igualdad de género o el crecimiento económico. Cada uno de los Objetivos está interrelacionado, siendo afectado o potenciado por el progreso de otros, siempre con la finalidad de una sostenibilidad social, económica y ambiental.

La implementación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible necesita una acción coordinada entre todos los sectores de la sociedad, entrando ahí los gobiernos, empresas privadas y ciudadanos. Los ODS buscan un enfoque inclusivo y colaborativo para el desarrollo sostenible, sin dejar a nadie atrás. Proveen a la sociedad de un marco universal a seguir para crear un futuro más justo, equitativo y sostenible para todos. El alcance de estos Objetivos debe seguir una planificación cuidadosa, contar con los recursos adecuados y debe tener un seguimiento constante que adecue las estrategias a seguir en función de lo buscado. (Naciones Unidas, 2015)

Los ODS relevantes que aplican al proyecto son:

- Número 6: Agua limpia y saneamiento.
- Número 7: Energía asequible y no contaminante.
- Número 9: Industria, innovación e infraestructuras.
- Número 11: Ciudades y comunidades sostenibles.
- Número 12: Producción y consumo responsables.

- Número 13: Acción por el clima.

12.1 ODS 6: AGUA LIMPIA Y SANEAMIENTO



Figura 22. ODS 6

Fuente: (Naciones Unidas, 2015)

Este Objetivo de Desarrollo Sostenible se centra en garantizar la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para toda la población mundial. Busca asegurar que todas las personas tengan acceso a agua potable, asequible, y a servicios de saneamiento e higiene adecuados para 2030. Por otro lado, se enfoca en mejorar la calidad del agua, evitando su contaminación, gestionando los recursos hídricos y manteniendo una sostenibilidad en la extracción y suministro de agua dulce, con el propósito de evitar la escasez. Otro aspecto clave es la implementación de una gestión integrada de los recursos hídricos y la protección de ecosistemas relacionados con el agua. (Naciones Unidas, 2015)

El ODS 6 también promueve la cooperación internacional y el apoyo a la creación de capacidad en los países en desarrollo para actividades y programas relacionados con el agua y el saneamiento. Asimismo, enfatiza la importancia de la participación comunitaria en la gestión del agua y el saneamiento. Estos esfuerzos conjuntos buscan proteger y restaurar los ecosistemas acuáticos, asegurar la equidad en el acceso a los recursos hídricos y mejorar la resiliencia frente a la escasez de agua, contribuyendo así a un desarrollo sostenible y equitativo a nivel global. (Naciones Unidas, 2015)

El proyecto estudiado en cuestión diseña una red de agua potable, instalando una potabilizadora que añade cloro para su desinfección. Esto se alinea con las siguientes metas del ODS 6: (Naciones Unidas, 2015)

- Meta 6.1: Acceso universal al agua potable. Al diseñar una red hidráulica de agua potable para las casas de la finca, se garantiza que los dueños y trabajadores tengan acceso a agua potable, segura y asequible, una vez realizada la inversión.
- Meta 6.2: Saneamiento e higiene adecuados. La disponibilidad de agua segura también facilita la mejora de las condiciones de saneamiento e higiene, especialmente en áreas rurales o de difícil acceso.
- Meta 6.3: Calidad del agua. La instalación de una planta potabilizadora contribuye a mejorar la calidad del agua al reducir la contaminación y eliminar impurezas, lo que se alinea con la meta de mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación y minimizando la liberación de productos químicos y materiales peligrosos.
- Meta 6.4: Uso eficiente del agua. La red de riego para cultivos agrícolas promueve el uso eficiente del agua, ya que permite una distribución controlada y medida del recurso hídrico, optimizando su uso en la agricultura y ayudando a enfrentar la escasez de agua.
- Meta 6.5: Gestión integrada de los recursos hídricos. La planificación y gestión integral del uso del agua, tanto para consumo humano como para riego agrícola, está en línea con la meta de implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles.
- Meta 6.6: Ecosistemas relacionados con el agua. Asegurando un suministro de agua y sostenible para los cultivos, se contribuye a la protección y el mantenimiento de los ecosistemas agrícolas.

12.2 ODS 7: ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE



Figura 23. ODS 7

Fuente: (Naciones Unidas, 2015)

Este Objetivo de Desarrollo Sostenible se enfoca en asegurar que todas las personas tengan acceso a servicios energéticos asequibles y modernos, aspecto crucial para el desarrollo económico, la erradicación de la pobreza y la mejora de la calidad de vida. Incluye metas para aumentar la proporción de energía renovable en el mix energético global, mejorar la eficiencia energética y expandir la infraestructura y tecnología para el suministro de energía limpia en los países en desarrollo. (Naciones Unidas, 2015)

Impulsa la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y tecnología en energía limpia, incluyendo energías renovables, eficiencia energética y tecnologías avanzadas para el uso de combustibles fósiles. Además, destaca la necesidad de expandir la infraestructura energética y modernizar las tecnologías para proveer energía sostenible en los países en desarrollo, especialmente en áreas rurales y comunidades desfavorecidas. Abordando estos temas, el ODS 7 busca promover un desarrollo sostenible y combatir el cambio climático, asegurando que el crecimiento económico y el bienestar humano no perjudiquen la salud del planeta. (Naciones Unidas, 2015)

El proyecto se alinea con el Objetivo de Desarrollo Sostenible 7 en las siguientes metas: (Naciones Unidas, 2015)

- Meta 7.1: Acceso a energía asequible y fiable. Se garantiza el acceso a una fuente de energía asequible y fiable para las operaciones que se lleven a cabo en la nave,

mejorando la calidad de vida y la productividad. La energía solar es una opción económica a largo plazo y reduce los costos operativos al minimizar la necesidad de comprar electricidad de la red o usar generadores de combustible.

- **Meta 7.2:** Aumento de la proporción de energía renovable. El uso de energía solar en el proyecto contribuye a aumentar la proporción de energías renovables en el mundo. La energía solar reduce la dependencia de combustibles fósiles y disminuye los gases de efecto invernadero.
- **Meta 7.3:** Mejora de la eficiencia energética. La implementación del parque solar sobre la superficie de una balsa mejora la eficiencia energética en términos de refrigeración de los paneles. Es decir, para una misma intensidad solar, se podrá generar más electricidad. Además, el uso de energía renovable en vez de otro tipo de fuentes (como combustibles fósiles), mejora la eficiencia energética general de las operaciones. Por otro lado, el almacenamiento de electricidad en baterías para su uso nocturno o durante apagones asegura un suministro energético constante y eficiente.
- **Meta 7.b:** Expansión de la infraestructura y modernización de la tecnología. El parque solar fotovoltaico flotante y las baterías de almacenamiento de energía contribuyen a la expansión de la infraestructura energética moderna y sostenible. Esta meta es relevante en lugares como donde se ubica el proyecto, pues es más difícil tener acceso a la red eléctrica convencional.

12.3 ODS 9: INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURAS



Figura 24. ODS 9

Fuente: (Naciones Unidas, 2015)

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 9 tiene como finalidad construir infraestructuras resilientes, promover la industrialización inclusiva y sostenible, y fomentar la innovación. Este objetivo busca mejorar el acceso a infraestructuras de calidad, fiables, sostenibles y resistentes. La meta es asegurar que las infraestructuras sean adecuadas y accesibles para todos, lo que incluye el desarrollo de sistemas de transporte, energía y tecnologías de información y comunicación. Además, se pone un fuerte énfasis en la modernización y adaptación de las infraestructuras existentes para que sean más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente. (Naciones Unidas, 2015)

Por otro lado, se trata de fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico, facilitando el acceso de las pequeñas y medianas empresas a servicios financieros y de crédito. Este objetivo promueve un entorno de investigación y desarrollo sólido, impulsando la innovación y la aplicación de tecnologías avanzadas. (Naciones Unidas, 2015)

Varias metas de este ODS se alinean con el proyecto estudiado, en concreto se tiene: (Naciones Unidas, 2015)

- Meta 9.1: Construcción de infraestructuras resilientes. El sistema de energía solar flotante y la tecnología de riego avanzada, contribuyen a la construcción de infraestructuras resilientes y sostenibles. Esta tecnología mejora la capacidad de

adaptación frente a desafíos de suministro, asegurando una disponibilidad constante de agua y energía.

- Meta 9.2: Promoción de la industrialización sostenible. En el proyecto de fomenta la industrialización sostenible al utilizar tecnologías limpias y renovables. Se consigue reducir la huella de carbono al promover prácticas agrícolas sostenibles y eficientes.
- Meta 9.4: Modernización de la infraestructura y mayor sostenibilidad. Los sistemas de riego modernos consiguen mejorar la eficiencia del uso del agua en la agricultura.
- Meta 9.5: Fomento de la innovación. La implementación del parque solar flotante y el uso de tecnologías de riego avanzadas en el proyecto, consiguen un enfoque innovador en la gestión de los recursos energéticos e hídricos.

12.4 ODS 11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES



Figura 25. ODS 11

Fuente: (Naciones Unidas, 2015)

El Objetivo de Desarrollo Sostenible 11 busca que las ciudades y asentamientos humanos sean inclusivos, seguros, resilientes y sostenibles. Se centra en mejorar la calidad de vida en áreas urbanas, asegurando el acceso a viviendas asequibles y servicios básicos para todos. Además, promueve el desarrollo de infraestructuras sostenibles y resilientes. La reducción del impacto ambiental de las ciudades, especialmente en términos de calidad del aire y gestión de residuos, también es una prioridad, así como la protección del patrimonio cultural y natural. (Naciones Unidas, 2015)

Pese a que el proyecto estudiado no trata ciudades ni lugares urbanizables, se puede alinear en cierta manera con este ODS. El fortalecimiento de los vínculos entre las áreas urbanas y rurales se considera esencial para un desarrollo equilibrado. Asimismo, se impulsa la creación de espacios públicos seguros, inclusivos y accesibles para todos, especialmente para mujeres, niños, personas mayores y personas con discapacidad. En resumen, el ODS 11 pretende transformar las ciudades en lugares más habitables, sostenibles y equitativos. (Naciones Unidas, 2015)

El proyecto realizado se alinea con algunas metas de este Objetivo de Desarrollo Sostenible: (Naciones Unidas, 2015)

- Meta 11.2 y 11.6: Infraestructura sostenible. Las tecnologías solares y de riego implementadas contribuyen a la infraestructura sostenible abogada por el ODS 11. Estas tecnologías ayudan a la reducción de gases de efecto invernadero y mejorar la eficiencia energética.
- Meta 11.5: Resiliencia frente a desastres. El uso de energía solar y almacenamiento en baterías garantiza un suministro eléctrico durante apagones.

12.5 ODS 12: PRODUCCIÓN Y CONSUMO RESPONSABLES



Figura 26. ODS 12

Fuente: (Naciones Unidas, 2015)

El ODS 12 busca garantizar patrones de consumo y producción sostenibles. Este objetivo se centra en reducir el desperdicio de recursos y mejorar la eficiencia en el uso de materiales,

energía y agua a lo largo de toda la cadena de producción y consumo. Promueve la gestión sostenible y el uso eficiente de los recursos naturales, así como la reducción de la generación de residuos a través del reciclaje, la reutilización y la disminución del desperdicio alimentario. (Naciones Unidas, 2015)

Otra meta clave es la educación y sensibilización de los consumidores sobre estilos de vida sostenibles y la importancia de consumir de manera responsable. Impulsa políticas públicas que promuevan la sostenibilidad en los patrones de consumo y producción. También se destaca la necesidad de que los gobiernos, el sector privado y la sociedad civil trabajen juntos para implementar estrategias que minimicen los impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana, asegurando un uso más equitativo y eficiente de los recursos. (Naciones Unidas, 2015)

La alineación de las metas de este ODS con el proyecto estudiado es la siguiente: (Naciones Unidas, 2015)

- Meta 12.2: Uso eficiente de los recursos naturales. Implementar energía solar para alimentar bombas y sistemas de riego promueve el uso eficiente de los recursos naturales.
- Meta 12.3 y 12.5: Reducción del desperdicio. Los sistemas de riego avanzados mejoran la eficiencia en el uso del agua. Por otro lado, el uso de baterías para almacenar energía permite un uso eficiente de la electricidad generada y reducir las posibles pérdidas, así como asegurar un suministro constante.
- Meta 12.6: Promoción de prácticas sostenibles. El parque solar fotovoltaico flotante y los sistemas de riego eficientes demuestran el compromiso con las prácticas sostenibles, tanto en la producción agrícola como en la adopción de tecnologías limpias.

12.6 ODS 13: ACCIÓN POR EL CLIMA



Figura 27. ODS 13

Fuente: (Naciones Unidas, 2015)

El Objetivo de Desarrollo Sostenible número 13 se centra en la acción por el clima, abordando temas cruciales como la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero, el aumento de la resiliencia y capacidad de adaptación a los riesgos relacionados con el clima y los desastres naturales, y la integración de medidas climáticas en políticas, estrategias y planificación nacionales. También promueve la educación y sensibilización sobre el cambio climático y la importancia de adoptar prácticas sostenibles para mitigar sus efectos. (Naciones Unidas, 2015)

Este ODS presenta diferentes metas, algunas de las cuales se alinean con el objetivo del proyecto estudiado: (Naciones Unidas, 2015)

- Meta 13.1: Fomento de la resiliencia climática. La implementación del sistema de almacenamiento energético en baterías aumenta la resiliencia de la infraestructura agrícola frente a apagones. Esto asegura un suministro energético constante y fiable.
- Meta 13.2: Reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. La utilización de energía solar reduce la dependencia de combustibles fósiles para la generación de electricidad. Este aspecto contribuye a la mitigación del cambio climático a reducir la huella de carbono.

- Meta 13.3: Promoción de prácticas sostenibles. Las tecnologías limpias y eficientes del proyecto pueden servir como ejemplo de prácticas sostenibles para otros propietarios de fincas similares.

Capítulo 13. CONCLUSIONES Y ACCIONES

FUTURAS

A lo largo de este estudio, se ha realizado un análisis detallado de la implementación de un sistema de distribución de agua potable y riego, así como la incorporación de energías renovables en una finca agrícola en la provincia de Soria.

Como principales resultados, cabe destacar la eficiencia en el uso del agua, la sostenibilidad energética, la mejora en la producción agrícola, el impacto económico positivo y el cumplimiento de diversos Objetivos de Desarrollo Sostenible.

En primer lugar, la eficiencia en el uso del agua se debe a la modernización de la red de riego y la implementación de tecnologías avanzadas. Estas tecnologías han demostrado ser efectivas para optimizar el uso del agua, reduciendo las pérdidas y mejorando la eficiencia en su distribución. Esto lo facilita el uso de materiales avanzados, como son el PVC o el polipropileno, así como las tecnologías de riego eficientes usadas que son el pívot y un cañón aspersor. La infraestructura diseñada asegura un suministro de agua constante en todo momento, teniendo una disponibilidad incluso en épocas de sequía.

Por otro lado, la instalación del parque solar fotovoltaico flotante ha sido un pilar fundamental en la sostenibilidad energética del proyecto, permitiendo a la finca alcanzar la autosuficiencia energética y reducir significativamente los costos operativos y el impacto ambiental. Este parque flotante sobre la superficie de la balsa aprovecha al máximo el espacio disponible sin sacrificar terrenos cultivables, además de reducir la evaporación del agua, lo cual es crítico en una región con recursos hídricos limitados. Además, la implementación uso de paneles solares de alta eficiencia y el almacenamiento del excedente producido en baterías asegura un suministro continuo y fiable. Este enfoque no solo garantiza que las bombas de agua y otros equipos esenciales de la finca funcionen de manera

eficiente, sino que también permite una reducción considerable de la dependencia de fuentes de energía externas y fósiles, alineándose con los objetivos de desarrollo sostenible.

La mejora en la producción agrícola ha sido uno de los resultados más destacados del proyecto, gracias a la implementación de un sistema de riego eficiente y el uso de lodos como fertilizante proveniente de la EDAR cercana. Esto ha permitido un incremento del rendimiento de los cultivos, consiguiendo duplicar e incluso triplicar en algunos casos la producción obtenida. Además, la posibilidad de utilizar lodos como fertilizante no solo cierra el ciclo de nutrientes de manera sostenible, sino que también representa una solución económica y ecológica para el manejo de residuos, contribuyendo a la sostenibilidad a largo plazo del sistema agrícola.

Respecto a la respuesta del proyecto ante el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo sostenible, cabe destacar que se ha conseguido la alineación con diversos ODS, posicionando a la instalación con un fuerte compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Se contribuye con el ODS 6 (Agua limpia y saneamiento), al optimizar el uso del agua de la finca; ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), con la instalación del parque solar fotovoltaico flotante; ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), al fortalecer la infraestructura agrícola con tecnologías avanzadas. Seguidamente, se alinea con el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y el ODS 12 (Producción y consumo responsables), al fomentar prácticas agrícolas sostenibles y eficientes; y con el ODS 13 (Acción por el clima), ayudando a la mitigación del cambio climático.

Por último, el proyecto tiene un impacto económico positivo. La evaluación de la inversión con las herramientas Valor Actual Neto (VAN) y Tasa Interna de Retorno (TIR) reflejan una alta rentabilidad de la finca con las tecnologías implementadas, superando las expectativas iniciales. La implementación de sistemas de riego eficientes, la adopción de energías renovables y la mejora en la gestión de recursos hídricos han contribuido a una reducción significativa en los costos operativos y un incremento en la productividad agrícola, lo que ha resultado en mayores ingresos para la finca. Los beneficios financieros del proyecto, en términos de ahorro como de incremento de producción agrícola, permite una estabilidad

financiera para la propiedad, así como posibilitando en la reinversión de mejoras o ampliaciones.

El VAN calculado para el proyecto utiliza una tasa de descuento del 10%, que refleja el posible riesgo de mal funcionamiento de las tecnologías estudiadas, como pueden los riesgos por mala producción agrícola o un rendimiento inesperado de la instalación. El resultado de 42.577,42 € indica que los flujos de caja futuros generados superan la inversión, dejando clara la viabilidad del proyecto. Por otro lado, la TIR queda determinada en un 21%, quedando por lo alto respecto a la tasa de descuento del 10% estudiada. Esto indica la alta rentabilidad del proyecto y el atractivo de generación de grandes beneficios con el paso de los años. Se obtiene este resultado principalmente por el acceso a agua de riego sin necesidad de pagar ningún tipo de concesión ni uso del agua.

De cara a continuar con la expansión del proyecto y ampliar las tecnologías de la finca, se proponen varias acciones futuras:

- Ampliación del sistema de riego a más áreas empleadas en secano.
- Monitoreo con Inteligencia Artificial y cámaras de alta resolución de los cultivos de la finca, con la posibilidad de utilización de drones.
- Formación del personal de la finca, con un enfoque en el uso de las tecnologías implementadas.
- Expansión del modelo de negocio, evaluando la posibilidad de implementación en otras fincas agrícolas, así como la incorporación de tecnologías ya estudiadas en otras regiones al proyecto de estudio.
- Monitoreo periódico de toda la instalación, con el objetivo de asegurar el buen funcionamiento de los sistemas y evitar fallos por deterioro a tiempo.

Capítulo 14. BIBLIOGRAFÍA

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2019). *Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica*. Recuperado el 6 de mayo de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2019-5089>

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. (2022). *Real Decreto 1051/2022, de 27 de diciembre, por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios*. Recuperado el 4 de julio de 2024, de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-23052>

Aquatherm. (2022). *Sistema de tuberías de polipropileno PPR*. Recuperado el 6 de mayo de 2024, de https://aquatherm.es/wp-content/uploads/FO_GREEN.pdf

Biorig. (2024). *Producto fertilizante. Enmienda Orgánica Biorig*. Recuperado el 5 de julio de 2024, de <https://biorig.energy/>

Boletín Oficial de la Provincia de Soria. (2024). *Precio del agua potable. Soria*. Recuperado el 7 de julio de 2024, de <https://www.aqualia.com/documents/14200359/14398689/EI+Burgo+de+Osma+TARIFAS+ABASTECIMIENTO+Y+DEPURACION.pdf/6d0292d9-22a1-fc34-b848-e56883555474?t=1716295058413>

CambioEnergético.com. (2023). *Profundidad de descarga de un batería (DOD)*. Recuperado el 15 de junio de 2024, de <https://www.cambioenergetico.com/blog/profundidad-descarga-bateria/>

Díez, R. (2023). *Estación de bombeo en finca particular en la provincia de Soria*. Recuperado el 1 de enero de 2024

- DIREENERGY. (2020). *¿Qué instalaciones solares de autoconsumo existen?* Recuperado el 4 de junio de 2024, de <https://www.direenergy.net/index.php/blog/tipos-instalaciones-solares/>
- ENF Solar. (2024). *Megacube 50kW + Battery Storage*. Recuperado el 4 de junio de 2024, de <https://es.enfsolar.com/pv/storage-system-datasheet/12022>
- Estándar 61 NSF/ANSI. (2010). *61 NSF/ANSI*. Recuperado el 7 de mayo de 2024, de <https://documentlibrary.xylemappliedwater.com/wp-content/blogs.dir/22/files/2012/07/e-SV-white-3SP.pdf>
- Extremadura21.com. (2022). *El cultivo de girasol logra triplicar producciones hasta 5000kg/ha en regadío frente al seco*. Recuperado el 4 de junio de 2024, de <https://extremadura21.com/2022/01/12/el-cultivo-de-girasol-logra-triplicar-producciones-hasta-5-000-kg-ha-en-regadio-frente-al-secano/#:~:text=El%20girasol%20es%20un%20cultivo,de%204.000%20a%205.000%20metros>
- García, D. (2022). *Qué son las baterías LFP: ventajas, inconvenientes y aplicaciones en la automoción*. *MotorPasión*. Recuperado el 12 de julio de 2024, de <https://www.motorpasion.com/revision/que-baterias-lfp-ventajas-inconvenientes-aplicaciones-automocion>
- IMA Water. (2024). *Tratamiento y potabilización de agua*. Recuperado el 4 de marzo de 2024, de <https://www.plantasdeosmosis.com/productos/plantas-de-tratamiento-de-agua/plantas-potabilizadoras/90/potabilizadoras-de-agua.html>
- Leroy Merlin. (2024). *Precio tubería PPR*. Recuperado el 19 de mayo de 2024, de <https://www.leroymerlin.es/productos/fontaneria/tuberias-de-agua-y-griferia-de-paso/tuberias-de-ppr/tuberia-ppr-faser-25mm-2m-82096570.html>
- Lladró, V. (2019). *Una hectárea de regadío produce como 40 de seco*. *Las Provincias*. Recuperado el 5 de febrero de 2024, de

<https://www.lasprovincias.es/economia/hectarea-regadio-produce-20191216001755-ntvo.html>

Los Ayuntamientos. (2019). *Convenio suscrito entre los ayuntamientos de Soria y Los Rábanos, la Consejería de Fomento y Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León.*

Recuperado el 26 de junio de 2024, de https://www.acuaes.com/sites/default/files/fondos_europeos/ficheros/2019-03-04_convenio_obra_explot_edar_soria_jcyl_soria_los_rabanos_opt_1.pdf

MIBET ENERGY. (2024). *Floating PV System.* Recuperado el 6 de junio de 2024, de https://www.mibetsolar.com/mrac-floating-pv-mounting-system_p133.html

Morillo, Y. (2023). Baterías LFP | Qué es y cuáles son sus ventajas para los vehículos eléctricos. *Futuro Eléctrico.* Recuperado el 12 de julio de 2024, de <https://futuroelectrico.com/baterias-lfp-litio-ferrofosfato/>

Naciones Unidas. (2015). *Objetivos de Desarrollo Sostenible.* Recuperado el 8 de julio de 2024, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>

OHLA. (2024). *OHLA finaliza la fase de construcción de la nueva EDAR de Sinova que beneficiará a 180.000 habitantes.* Recuperado el 7 de julio de 2024, de <https://ohla-group.com/ohla-finaliza-la-fase-de-construccion-de-la-nueva-edar-de-sinova-que-beneficiara-a-185-000-habitantes/>

Parra, Y. (2022). 9 Excelentes Recomendaciones Para Manejar Un Pivot De Riego. *Agronomaster.* Recuperado el 12 de julio de 2024, de <https://agronomaster.com/pivot-de-riego/>

Pérez, A. (2021). VAN y TIR, dos herramientas para la viabilidad y rentabilidad de una inversión. *OBS Business School.* Recuperado el 9 de julio de 2024, de <https://www.obsbusiness.school/blog/van-y-tir-dos-herramientas-para-la-viabilidad-y-rentabilidad-de-una->

- SULZER. (2022). *Bomba multietapa vertical VMS*. Recuperado el 18 de mayo de 2024, de https://www.sulzer.com/brazil/-/media/files/products/pumps/vertical-pumps/product-information/technical-data-sheets/vms_vertical_multi_stage_pumps_tds.pdf?sc_lang=es-es
- TiendaSolar.es. (2024). *PAnel solar LONGI Hi-MO X6 580 W*. Recuperado el 17 de mayo de 2024, de <https://tienda-solar.es/es/paneles-solares/1701-panel-solar-longi-hi-mo-x6-72-cell-580w>
- TodoAgua.es. (2022). *Tipos de tuberías de agua. Cuáles son los tipos que existen*. Recuperado el 8 de junio de 2024, de <https://www.todoagua.es/cuales-son-tipos-tuberias-agua/#:~:text=Las%20tuber%C3%ADas%20de%20agua%20pueden,como%20material%20de%20las%20tuber%C3%ADas.>
- Traxco.es. (2013). *Cultivo de girasol bajo Pivot*. Recuperado el 18 de junio de 2024, de <https://www.traxco.es/blog/produccion-agricola/cultivo-de-girasol-bajo-pivot>
- X. Flotats, E. C. (2010). *Digestión anaerobia de purines de cerdo y co-digestion con residuos de la industria alimentaria*. Recuperado el 8 de julio de 2024, de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/6699/porci%202001%20final.pdf>

ANEXO I: BOMBA MULTITAPA VERTICAL VMS

Bomba multietapa vertical VMS

SULZER

Gama de bombas centrífugas verticales, mono- o multi-etapa indicada para el bombeo independiente de agua limpia doméstica, urbana y de proceso, y para grupos de presión.

Aplicaciones

- La bomba VMS está diseñada para un funcionamiento fiable en una gran variedad de aplicaciones, como son:
- Suministro de agua potable doméstica y urbana.
- Industrias alimentarias, de productos químicos y de proceso.
- Recirculación en aplicaciones de agua caliente y refrigeración.
- Sistemas de extinción de incendios.
- Instalaciones de limpieza y lavado.

Allowable temperature range of the medium is -20 - +140 °C
(VMS 125 @ PN16 max. +80 °C, VMS 125 @ PN25 max. +120 °C, VMS H @ -15 - +80 °C).

Certificación para uso con agua potable

Su construcción en acero inoxidable 1.4301 ó 1.4401, conforme a las certificaciones WRAS, ACS y NSF, permite su utilización para el bombeo de agua potable.

Motor

Motores de inducción AC, de jaula de ardilla, encapsulados TEFC, trifásicos y monofásicos, 50 Hz, de 2 y 4 polos.

Rendimiento del motor (≥ 0.75 kW): IE2 ó IE3 en función del modelo seleccionado.

Clase de aislamiento: F

Tipo de protección: IP 55

Clase de incremento de temperatura: B

Clase de servicio: S1 (máximo 20 arranques por hora)

Nivel de ruido: conforme a IEC 60034-9

Rodamientos

Rodamientos lubricados por el líquido bombeado, carburo de tungsteno/cerámica.

Control de la temperatura

> 2,2 kW estándar con 3 x PTC.

Conexiones hidráulicas

Opciones de rosca exterior con válvula de retención integrada, contrabrida, brida victaulica, "Inclamp" o redonda, en acero inoxidable 1.4301 ó 1.4401, para clases de presión PN 10, 25 ó 40.

Cierre mecánico

Configuraciones de sellado: fijo, "easy access" o cartucho, para adaptarse a la aplicación y al punto de operación específicos de la bomba.

Componente del cierre	Materiales y opciones
Material de construcción	Acero inoxidable CrNiMo (1.4571)
Material del muelle	Acero inoxidable CrNiMo (1.4571)
Material de las caras	Grafito de carbono impregnado con antimonio Grafito de carbono impregnado con resina SiC, carburo de silicio, sinterizado Carburo de tungsteno, NiCrMo-binder
Elastómeros	Caucho etileno-propileno (EPDM) Caucho fluorocarbono (FKM) Caucho de nitrilo hidrogenado (HNBR)



Características

- Construcción modular que ofrece una amplia variedad de materiales, cierres mecánicos, conectores, motores, etc.
- Fácil acceso para tareas de mantenimiento, incluso sin necesidad de desmontar la bomba o el motor, ni el uso de herramientas especiales.
- Distintas opciones de bases, conexiones y cierres mecánicos.
- La base y la hidráulica en acero inoxidable garantizan la conservación de la calidad del agua durante su bombeo.
- Base y aspiración de la bomba especialmente diseñadas para favorecer unas condiciones favorables de paso del fluido, consiguiendo un elevado rendimiento energético y una larga vida útil.
- Distintos orificios para purga y drenaje en aspiración negativa, así como para medición de la presión de aspiración y descarga.
- Configuración de aspiración y descarga en línea para facilitar la instalación.

Datos de funcionamiento

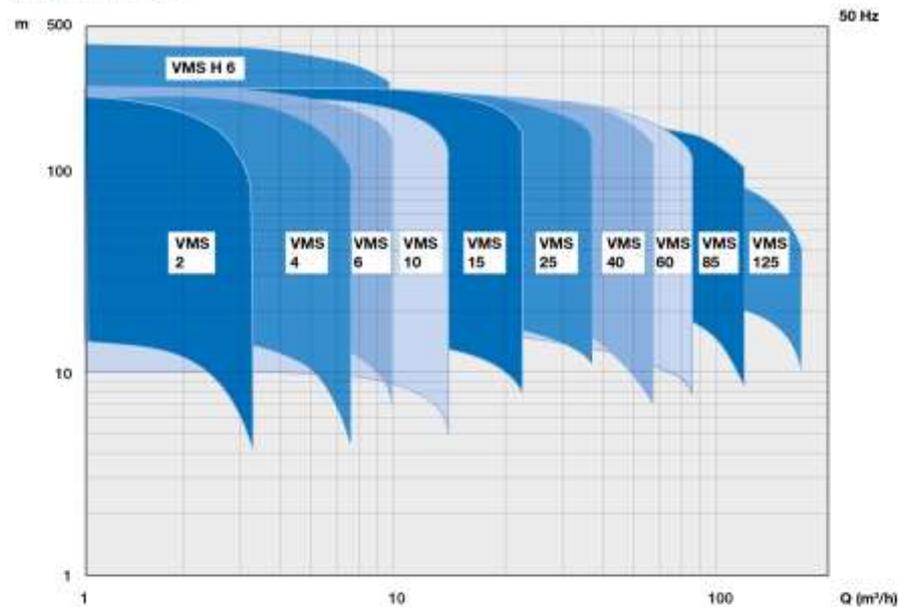
Descripción	Rango
Temperatura ambiente [°C]	-20 hasta +40
Presión de entrada mínima	NPSH _{req} = 1 m
Viscosidad [cSt]	1-100
Densidad [kg/m ³]	1000 - 2500
Refrigeración	Refrigeración por ventilación forzada
Frecuencia mínima [Hz]	30
Frecuencia máxima [Hz]	60
Tamaño de sólidos bombeados	5 µm to 1 mm
Altura [ft]	3 - 254 in (MMS H @ = 400 m)
Caudal [l/s]	0.2 - 160 m ³ /h

Datos técnicos (50 Hz)

	VMS 2	VMS 4	VMS 6	VMS H 6	VMS 10 2P	VMS 10 4P	VMS 15 2P	VMS 15 4P	VMS 25 2P
Rango de caudales [m ³ /h]	0,2 - 3,3	0,4 - 6,5	0,6 - 9	0,8 - 8,6	1,0 - 13,2	0,5 - 6,6	1,8 - 22,5	1,5 - 11,3	2,8 - 35
Caudal nominal a Q _{max} [m ³ /h]	1,9	4	6,3	6,5	10	5	19,7	9,1	28
Presión nominal	PN 10 - 25 - 40								
Presión máx. bombeo [m]	229	234	266	402	239	58	269	65	246
Presión máxima a Q _{max} [m]	187	193	200	325	179	43	198	51	188
NPSH a Q _{max} [m]	2,2	1,2	1,2	2,0	1,2	0,9	1,8	4,2	3,0
Rendimiento máximo	54 %	62 %	68 %	80 %	85 %	85 %	73 %	66 %	77 %

	VMS 25 4P	VMS 40 2P	VMS 40 4P	VMS 60 2P	VMS 60 4P	VMS 85	VMS 85 4P	VMS 125
Rango de caudales [m ³ /h]	1,4 - 17,5	4 - 54	2 - 27	6 - 76	3 - 38	8,5 - 112,8	4,3 - 54	13,1 - 162
Caudal nominal a Q _{max} [m ³ /h]	14	40	19	54	26,5	85,7	40,0	125,0
Presión nominal	PN 10 - 25 - 40							
Presión máx. bombeo [m]	59	239	59	261	71	176	41	128
Presión máxima a Q _{max} [m]	45	194	50	193	55	132	33	88
NPSH a Q _{max} [m]	0,8	2,5	0,8	2,7	0,7	2,2	0,6	5,0
Rendimiento máximo	77 %	78 %	76 %	78 %	78 %	79 %	79 %	80 %

Rango de trabajo



www.sulzer.com
 es (12-2022), Copyright © Sulzer Ltd 2022
 Este documento no constituye ni proporciona ningún tipo de garantía. Contacte con nosotros si desea información sobre las garantías de nuestros productos.
 Las instrucciones de seguridad y uso se facilitan por separado. Toda la información contenida en este documento está sujeta a cambios sin previo aviso.

ANEXO II: POTABILIZADORA



Las potabilizadoras compactas IMA WATER fueron concebidas por nuestro equipo de ingenieros para poder ser instaladas en cualquier lugar del mundo sin necesidad de obra civil.

Nuestros diseños se adaptan a cada proyecto y cliente pudiendo fabricarse todas nuestras plantas potabilizadoras instaladas en bastidor de acero o contenedor adaptado. Con ambos modelos se consigue reducir los costes de obra civil e instalación en destino al salir las potabilizadoras totalmente fabricadas, montadas y testadas desde nuestras instalaciones.



CAUDALES ACCIONADOS POR ENERGÍA ELÉCTRICA

MODELO	BASTIDOR AUTOPORTANTE	CAUDAL MÁXIMO M ³ /D	CONTENEDORES	DIMENSIONES
IMA-P50	INCLUIDO	50	10	2,3 x 2,5 x 3
IMA-P75	INCLUIDO	75	20	2,3 x 2,5 x 6
IMA-P150	INCLUIDO	150	20	2,3 x 2,5 x 6
IMA-P250	INCLUIDO	250	20	2,3 x 2,5 x 6
IMA-P500	INCLUIDO	500	40	2,3 x 2,5 x 12
IMA-XX	INCLUIDO	HASTA 2000	CONSULTAR	CONSULTAR

*Posibilidad de adaptar sistemas internos para aguas concretas [Arsénico, Fluoruros, Metales pesados...]

**Para caudales superiores se pueden instalar varias plantas en paralelo



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Los equipos y sistemas integrados en una potabilizadora estándar IMA WATER SON:

- Contenedor adaptado 10, 20, 40ft
- Bomba de alimentación sistema de potabilización
- Filtro de anillas captación sólidos
- Filtración multicapa
- Filtración carbón activo
- Filtración multicartucho 1-5 micras
- Decantador lamelar [Dependiendo origen y analítica de agua a tratar]
- Sistema de desinfección UV e hipoclorito según demanda
- Cuadro eléctrico de control instalación potabilizadora y sistema fotovoltaico (en caso de incluirse)

Equipos opcionales:

- Sistema de bombeo para agua de pozo
- Depósitos de agua bruta / agua tratada
- Sistemas de eliminación de contaminantes específicos [Arsénico, Fluoruros, Manganeso, Plomo, Metales pesados...]

RANGO DE AGUAS DE LAS POTABILIZADORAS IMA WATER:

- Agua de ríos y lluvias
- Agua de lagos y estanques
- Agua de pozo
- Aguas superficiales de ditinta índole
- Aguas con contaminantes específicos como arsénicos, fluoruros, metales pesados, hierro o maganeso... [Siendo necesario añadir subsistemas concretos opcionales]

DATOS TÉCNICOS

VENTAJAS:

- Equipo compacto
- Coste económico
- Fácilmente transportable via marítima o terrestre
- Necesidad nula de obra civil
- Equipo fabricado en materiales de primera calidad y de origen y certificación Europea
- Automatización, fácil manejo y mantenimiento
- Contenedor preparado con suelo aislante y luz con todos los equipos eléctricos instalados en su interior
- Equipos de carácter industrial utilizando tecnologías de potabilización seguras y fiables sin requerimiento de consumibles.
- Diseño modular y adaptable a cada cliente y caso concreto pudiendo añadir sistemas de eliminación de contaminantes específicos [arsénicos, fluoruros, hierro, manganeso, plomo, metales...]
- Calidad de equipos de las mejores marcas europeas

SERVICIOS IMA WATER:

- Diseño y fabricación de nuestras potabilizadoras adaptándose a las condiciones y caudales concretos del cliente.
- Programación y pruebas de todos los sistemas hidráulicos y eléctricos en nuestra fábrica dejando las potabilizadoras listas para funcionar en destino.
- Posibilidad de instalación, puesta en marcha y curso de capacitación en destino por nuestro equipo de ingenieros. [Servicio no incluido]
- Asistencia técnica via telemática durante los 3 primeros meses de la puesta en marcha por parte de nuestro equipo técnico.



ANEXO III: MATERIAL POLIPROPILENO PP-R



PPR FRENTE A OTROS MATERIALES



¿QUE ES EL PP-R?

El Polipropileno Random, PP-R, es un polímero (plástico), que debido a sus excelentes propiedades, lo convierten en la mejor alternativa para la distribución y suministro de agua potable a presión, e incluso canalización de otros fluidos, tanto en el sector doméstico como industrial, también alimentario, ya que garantiza total atoxicidad para el ser humano.

¿DONDE SE INSTALAN LAS TUBERÍAS PP-R?

Gracias al excelente comportamiento que presenta el material, su uso es apto en casi cualquier tipo de aplicación, aunque destacamos las siguientes:

- Fontanería (agua caliente y fría sanitaria).
- Calefacción.
- Climatización.

¿POR QUE SON IDONEAS LAS TUBERÍAS DE PP-R DE AQUATHERM EN INSTALACIONES DE AGUA CALIENTE Y FRÍA SANITARIA?

Entre sus muchas cualidades destacan:

- No transmite olor ni sabor al agua.
- Son resistentes a las condiciones de trabajo (presión y temperatura).
- La unión se realiza por termofusión. No precisa de conexiones mecánicas ni material de aporte.
- No sufre corrosión, ni externa ni interna.

VENTAJAS DEL PP-R FRENTE A OTROS MATERIALES:

Tuberías de Cobre:

Las tuberías de cobre, forman parte del pasado, en instalaciones de fontanería (agua caliente y fría). Su alto precio, unido al desgaste que sufren con la acción de la velocidad del agua, ha provocado que prácticamente no se utilicen en este tipo de instalaciones.

Se utilizan algo más en instalaciones de calefacción, aunque el auge del Polipropileno en este tipo de instalaciones, está desplazando de forma significativa al cobre, también en esta aplicación.

Tuberías de Polietileno PE:

Las tuberías de Polietileno, y en sus variantes PEX, tienen las desventajas con respecto al Polipropileno en el tipo de unión. Mientras que el Polipropileno tiene una unión por termofusión (fusión del accesorio y el tubo), el Polietileno presenta uniones mecánicas, muy propensas a sufrir fugas de agua con el paso del tiempo, debido a las dilataciones y contracciones de los materiales. Las uniones mecánicas provocan que el sistema de polietileno sea menos económico que el polipropileno, siendo más competitivo en los diámetros pequeños.

Tuberías de Polibutileno PB:

Las tuberías de Polipropileno y Polibutileno (PB), al igual que las de PE, son aptas para la aplicación de Agua caliente y fría sanitaria (fontanería), pero en su conjunto la instalación con Polibutileno es casi tres veces más costosa.

También presenta una dilatación muy superior a la tubería de Polipropileno **aquatherm green pipe MF**.

APLICACIONES

green
plus

CAMPOS DE APLICACIÓN



Agua Potable



Calefacción



Calefacción Superficie Industrial



Agricultura



Piscinas



Transporte Productos Químicos



Aplicaciones con Agua de Lluvia



Riego

El Sistema **aqualtherm green pipe** se puede aplicar en todos los campos de:

- **NUEVAS INSTALACIONES**
- **REFORMAS y**
- **REHABILITACIONES.**

- **Redes de Agua Potable**
 - Instalaciones de agua fría y caliente p.ej. en edificios residenciales, hospitales, hoteles, edificios de oficinas, colegios, en la construcción naval y polideportivos.
 - Acometidas.
 - Conexiones.
 - Acumuladores.
 - Redes generales de distribución y colectores.
 - Conducciones ascendentes.
 - Distribución en plantas.
 - Redes interiores.
 - Conexiones de grifería.

- **Calefacción**
 - Para la conexión de calderas de agua caliente redes generales de calefacción, climatización y equipos de refrigeración.
 - Conducciones ascendentes.
 - Distribución en plantas.
 - Conexiones de emisores.

- **Redes de tubería en agricultura y jardinería**

- **Redes de tuberías en Piscinas**





INSTALACIÓN

PREPARACIÓN PARA LA FUSIÓN

1. Cortar el tubo en ángulo recto con respecto al eje del mismo. Sólo deben utilizarse cortadores de tubería o también tijeras de corte apropiadas.
Si fuera necesario, limpiar el tubo y quitar las rebabas.
2. Marcar en el extremo de la tubería la profundidad de soldadura con la galga y un lápiz.
3. Señalar la posición deseada de la pieza haciendo una marca en el tubo y/o en el accesorio.

Para ajustar la posición del accesorio con respecto al tubo, podemos hacer una marca en el tubo y en el accesorio de tal manera que la orientación sea correcta.

Los accesorios dispone de unas marcas que pueden servir de orientación en conjunto con las líneas de la tubería.



Cortar la tubería



Marcar la profundidad de soldadura con galga

CALENTAMIENTO DEL TUBO Y ACCESORIO

Calentamiento del tubo y accesorio

4. Introducir el extremo de la tubería en la matriz, sin girar, hasta la línea de profundidad de soldadura marcada. Al mismo tiempo, introducir la pieza, sin girar, hasta el tope de la matriz.

Es esencial cumplir el tiempo de calentamiento indicado en la tabla.

ATENCIÓN

El tiempo de calentamiento comienza cuando se llega a la profundidad de soldadura en el tubo y accesorio. No antes!



Calentar tubo y accesorio



APLICACIONES



ACOPLAMIENTO Y ALINEACIÓN

5. Después del tiempo de calentamiento indicado, extraer rápidamente la tubería y el accesorio de la matriz. Inmediatamente, sin girar, unirlos en línea recta hasta que la profundidad de soldadura señalada sea cubierta por el anillo de polipropileno formado en la pieza.

ATENCIÓN:

No se debe introducir muy profundamente el tubo en la pieza, pues éste podría estrecharse demasiado, e incluso llegar a taponarse.

6. Los elementos en cuestión, han de ser unidos durante el tiempo de soldadura indicado. Durante este tiempo puede corregirse la unión. Tal corrección se limita exclusivamente a alinear correctamente la tubería y la pieza. No se deben girar los elementos o alinear la conexión después del tiempo de proceso.

7. Tras el tiempo de enfriamiento la unión soldada está preparada para su uso.

El resultado de la fusión entre la tubería y el accesorio constituye una unidad del material homogénea e imposible de deshacer.



Acoplamiento y...



...alineación del tubo y accesorio.



El resultado: ¡Una unión de los elementos imposible de deshacer!

Datos básicos para la fusión

Ø-exterior del tubo	Profundidad de soldadura	Tiempo de calentamiento		Tiempo de soldadura	Tiempo de enfriamiento
		seg. DVS	seg. AQE*	seg.	min.
16	13,0	5	8	4	2
20	14,0	5	8	4	2
25	15,0	7	11	4	2
32	16,5	8	12	6	4
40	18,0	12	18	6	4
50	20,0	18	27	6	4
63	24,0	24	36	8	6
75	26,0	30	45	8	6
90	29,0	40	60	8	6
110	32,5	50	75	10	6
125	40,0	60	90	10	6



*tiempos de calentamiento recomendados por aquatherm a temperaturas de ambiente por debajo

PROCEDIMIENTO I

TÉCNICA DE LA SOLDADURA A ENCHUFE

El resultado de la fusión entre la tubería y el accesorio constituye una unidad de material homogéneo. El tubo y el accesorio se calientan por medio de herramientas específicas de soldadura y seguidamente simplemente unidos. ¡Listo!

Doble espesor en la unión – esto significa doble seguridad en lo que sería el punto crítico de un sistema de tuberías.



CRITERIOS DE INSTALACIÓN

TÉCNICAS DE FIJACIÓN / SOPORTES FIJOS / SOPORTES DESLIZANTES

Técnica de Fijación

Las abrazaderas para las tuberías aquatherm deben adaptarse al diámetro exterior del tubo.

Los elementos de fijación idóneos para las tuberías aquatherm son las abrazaderas provistas de una mezcla de goma elaborada especialmente para trabajar con tuberías de material plástico.

En el montaje de la tubería ha de tenerse en cuenta si la fijación se realizará con:

- soportes fijos o
- soportes deslizantes.

Soportes fijos

Mediante la distribución de soportes fijos de anclaje, las tuberías quedan divididas en sectores independientes. Esto evita movimientos incontrolados de las tuberías y garantiza una circulación segura a través de la misma.

En principio, los soportes fijos han de ser colocados de forma que absorban los esfuerzos de dilatación de las tuberías aquatherm, así como las cargas adicionales que puedan sobrevenir.

En general las distribuciones verticales pueden ser montadas rígidas. La instalación de conducciones ascendentes no requiere dilatadores siempre que, inmediatamente antes de una derivación, haya un soporte fijo.

Con el fin de compensar la fuerza provocada por la dilatación de la tubería, las abrazaderas y los soportes tendrán que ser resistentes y estar bien fijados.

Gracias a la cubierta de goma especial, de que disponen las abrazaderas, no es posible dañar mecánicamente la superficie del tubo.

Soportes deslizantes

Los soportes deslizantes han de permitir los movimientos axiales de la tubería sin dañarla.

Al colocar un soporte deslizante ha de observarse que el movimiento de la tubería no quede anulado por la colocación cercana de piezas o valvulería.

Las abrazaderas de fijación aquatherm se caracterizan por la protección contra ruidos al disponer de una superficie de contacto especialmente pulida y susceptible de deslizamiento y teniendo en cuenta las instrucciones de montaje que se describen, son perfectas para la instalación de los soportes deslizantes.

Fijación	Tuberías MF (compuestas Faser) & Tuberías S (monocapa)	Tuberías MS (compuestas Stabi)
Soporte deslizante	1 anillo distanciador	2 anillos distanciadores
Soporte fijo	sin anillo distanciador	1 anillo distanciador



DISTANCIA ENTRE SOPORTES
 Tabla para determinar las distancias entre los soportes, dependiendo de la temperatura y del diámetro exterior.

aquatherm green pipe MF

Diferencia de temperatura	Diámetro exterior de la tubería d (mm)							
	32 mm	40 mm	50 mm	63 mm	75 mm	90 mm	110 mm	125 mm
	Distancia entre soportes en cm							
0 °C	155	175	200	225	240	255	285	300
20 °C	115	130	150	170	180	190	210	225
30 °C	115	130	150	170	180	190	200	210
40 °C	105	120	140	160	170	180	190	200
50 °C	105	120	140	160	170	180	180	185
60 °C	100	115	130	150	160	170	170	175
70 °C	90	105	125	140	155	165	160	165



ANEXO IV: BATERÍA DE ALMACENAJE LFP

Shinson | Product Line



MEGACUBE 50kW BATTERY ENERGY STORAGE SYSTEMS

64kWh / 128kWh/ 192kWh

Product Description

MEGACUBE 50kW Battery Energy Storage Systems have been created to be a install ready and cost effective on-grid, hybrid, off-grid commercial/industrial battery energy storage systems.



Multiple applications

Applications of the MEGACUBE include micro-grid, backup power, peak shaving, time of use bill management, frequency regulation, voltage support, renewable integration, and islanding.



Ready to fit anywhere

MEGACUBE 50kW battery energy storage solution is the ideal fit for large residential or light commercial applications. Each commercial BESS is manufactured to be install ready



The future of solar energy storage

Lithium Iron Phosphate (LiFePO4) battery systems connected at high voltage come with 5000 cycle warranty and up to 80% DOD (Depth of Discharge) @ 1C 25 °C



2

Shinson | Technical System Specifications

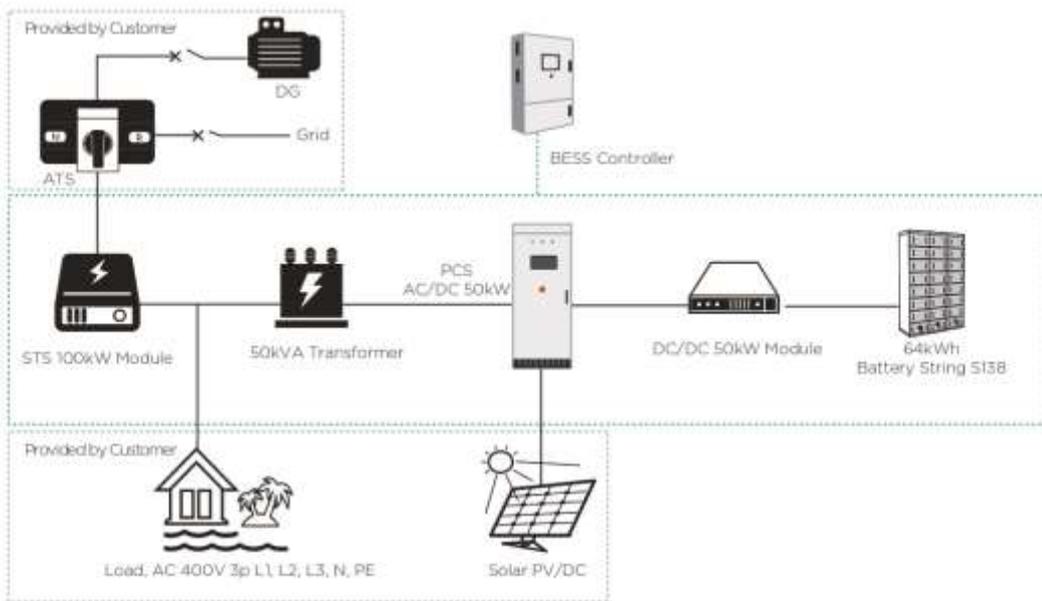
MEGACUBE 50kW Battery Energy Storage Systems

Item	S-MGC 50-64	S-MGC 50-128	S-MGC 50-192
DC Data			
Battery chemistry	Lithium Iron Phosphate (LFP)		
Cell life cycle	80% Retention with 5,000 Cycles @ 1C 25C		
Cell spec	3.2V/90Ah		
String configuration	2P12S		
Number of strings	1	2	3
Rack rated energy capacity	64kWh	128kWh	192kWh
DC rated energy capacity	64.5kWh	129.0kWh	193.5kWh
Rated voltage	358.4V		
Voltage range	313.6V-397.6V		
BMS communication interface	RS485, Ethernet		
BMS communication protocol	Modbus RTU, Modbus TCP		
AC Data			
Rated AC power	50kW		
Maximum AC power	55kW		
Rated grid voltage	400V		
Grid voltage range	±5%		
AC rate of current	72A		
Output THDI	≤3%		
AC PF	Listed: 0.8-1 leading or lagging (Controllable) Actual: 0.1-1 leading or lagging (Controllable)		
Grid frequency range	50/60±0.5Hz/59.5-60.5Hz		
Isolation method	3 Phase 4 Line Transformer		
General Data			
Dimension w/o clearances (L*W*H)	2,200*1,300*2,490mm		
Weight of the whole system	≤2.7t	≤3.4t	≤4.4t
Degree of protection	IP54		
Operating temperature range	-20-40°C		
Relative humidity	0-95% (non-condensing)		
Max working altitude	3,000m/9,842ft		
Cooling concept of DC hatch	HVAC		
Communication interfaces	RS485, Ethernet, GPRS		
Certifications	UL1973, UL9540A, IEC62619, CE, UN38.3		

Shinson | System Topology

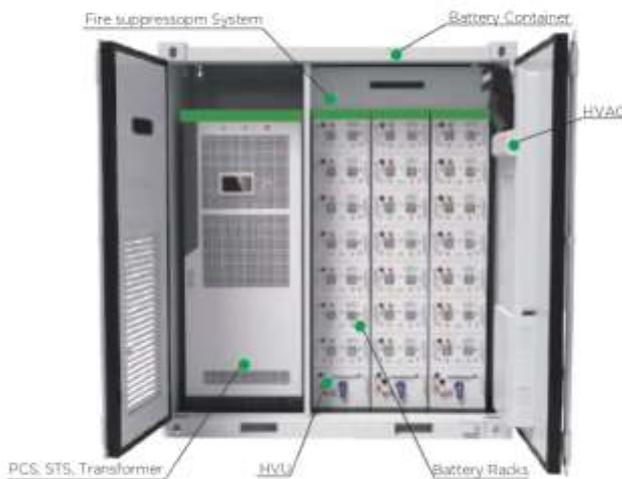
MEGACUBE 50kW Battery Energy Storage Systems

Product Series	Part #	Energy (kWh)	PCS Power (kW)	Max PV (kW)	PV Voltage Range (V)	PV MPPT Inputs	Battery String	Number of Strings	Battery String (V)	DC/DC Converter (kW)	STS (kW)	Dimension w/o clearances (L*W*H) (mm)	Container Size (feet)
S-MGC-50	MSL-64	64	50	100	520 to 900	1	M138-7P9	1	358	50	100	2200 x 1300 x 2490	7
	MSL-128	128						2					
	MSL-192	192						3					



BESS's Include:

- Battery Racks & Wiring (LFP)
- BESS Controller with Battery Management System
- High Voltage Units (BMS)
- 50kW Power Conversion System (PCS) (DC/AC)
- 50kW PV Inverter (DC/DC)
- 50kW Transformer
- 100kW STS (excludes N/A systems)
- 7 foot Storage Container
- HVAC System
- Fire Suppression System
- Installation Manuals, Certificates, Usage Guide, etc.



Shinson | Major System Components

MEGACUBE 50kW Battery Energy Storage Systems

Item	Data
Battery module	M13B-7P9
Pack QTY	7
Nominal capacity	64kWh
Discharge cutoff voltage - Rated voltage - Charge cutoff voltage	314V-358V-398V
Pack	3.2V/90Ah@2P16S
String measuring voltage range	100-1,000V
String voltage detection accuracy	±0.5%
String voltage sampling period	100ms
String measuring current range	±300A
String current detection accuracy	±1%
String temperature detection accuracy	±2°C
SOC calculation accuracy	±7%
Input insulation resistance	≥10MΩ, 1,000V DC
Communication	Ethernet, CAN, RS485
System cycle life	≥5,000 cycles@1C, 25°C
Dimension (W*D*H)	400*750*2,050mm
Weight	690kg
Certifications	UL1973, UL9540A, IEC62619, CE, UN38.3



Battery String-S138

- 1C Charge/Discharge
- The energy supply can be a single battery string or parallel battery strings
- Easy configuration and maintenance

Item	Data
DC voltage range	250V-520V
PV voltage range	520V-900V
Maximum DC current	150A
Maximum PV current	192A
Rated output power	50kW
Rated grid voltage	400V
Grid voltage range	±15%
The frequency range of the power grid	50/60±2.5Hz
AC rated current	72A
AC PF	Actual: 0.1-1 leading or lagging (Controllable)
Off-grid voltage	400V or 480V
Off-grid voltage range	±10%
Off-grid frequency	50/60Hz
Weight	520kg



Power Conversion System

- Single-stage three-level modularization
- Multi-branch input to reduce battery series and parallel connection
- PV, DGEN, and Grid ready

Shinson | Major System Components

MEGACUBE 50kW Battery Energy Storage Systems



Battery Pack-P9



TCP / RS485



TCP / RS485



Life span >5000 cycles @ 1C 25C

Item	Data
Capacity (kWh)	9.216kWh
Rated voltage	512V
Discharge cut-off voltage	44.8V
Charge cut-off voltage	56.8V
Cycle life	>6,000 cycles@0.5C 25°C
Voltage detection accuracy of battery cell	310 mV
Temperature detection accuracy of battery cell	±2°C
Balancing current of battery cell	≥150mA
Range of voltage measurement for battery cell	1-5 V
Battery balancing method	Passive balancing
Certifications	UL1973, IEC62619, UN38.3



M138-HVU



Multistage protection



Rich interface



Dual-channel power supply

Item	Data
Circuit breaker	160A-250A
Hall sensor	300A
Leakage current sensor	50mA
Fuse	250A
Error range of voltage detection accuracy	31%
Error range of Current detection accuracy	31%
Temperature detection accuracy	±2°C
Operating life	10 years
Certifications	UL1973



BESS Controller



Pre-engineered control strategy



Easy configuration



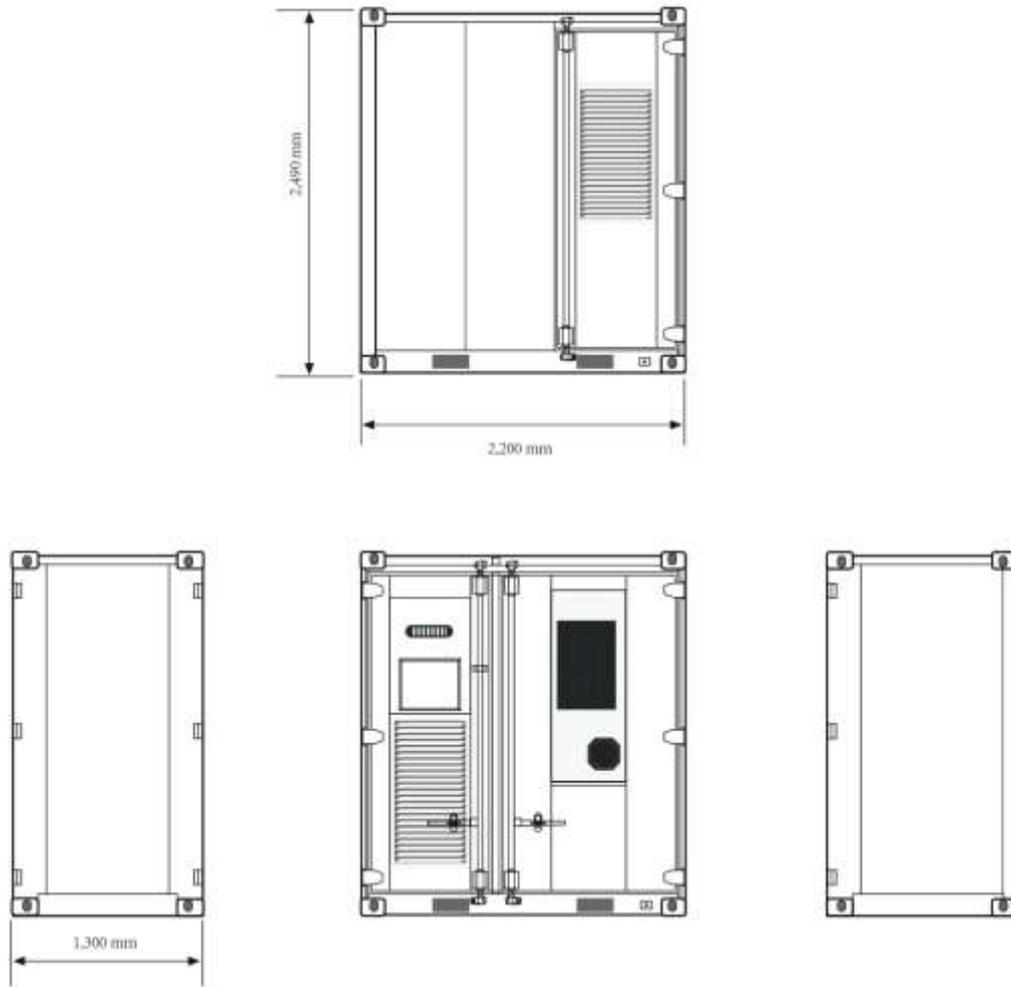
Cloud base data communication

Item	Data
Dimension	480x796x230mm
Power interface	AC 220V, 50/60Hz
PCS communication	TCP / RS485
HVU communication	TCP/IP
HVAC communication	RS485
Relay	24 dry contacts inputs / outputs
Grid control application	Time shifting, peak shaving, renewable moving average
Off-grid control application	Backup power, PV/DG/EV/ESS integrated micro-grid control
Battery management system	DC busbar incoming control

7

Shinson | Container Layout/Dimensions

MEGACUBE 50kW Battery Energy Storage Systems



ANEXO 5: REAL DECRETO 1051/2022, DE 27 DE DICIEMBRE

Por el que se establecen normas para la nutrición sostenible en los suelos agrarios.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Artículo 8. Contenido máximo en metales pesados y otros contaminantes e impurezas:

1. Se controlarán los contenidos de metales pesados y otros contaminantes e impurezas, de acuerdo con lo establecido en el anexo IV. En particular, se prohíbe utilizar materiales que superen alguno de los valores incluidos en la tabla del apartado A del anexo IV o que no cumplan alguno de los requisitos establecidos en el apartado D del mismo anexo, sin perjuicio de que se puedan establecer valores más restrictivos para materiales concretos en otras normativas que les sean de aplicación o en la propia autorización que se otorgue en materia de residuos para la operación de valorización R1001.

2. Cuando, al realizar las analíticas de suelo previstas en el anexo I, se compruebe que un suelo destinado a la producción agrícola supera alguno de los límites señalados en el punto B del anexo IV (y siempre que los valores no hagan que se considere un suelo contaminado y, por lo tanto, no apto para la producción agrícola, en virtud del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero):

a) Se prohibirá el uso de materiales que aporten los metales pesados a suelos que han superado los límites de la tabla del punto B del anexo IV, por encima de los valores de la columna 3 de la tabla del apartado A del mismo anexo y siempre que no se superen los valores de la columna 3 de la tabla del apartado C.

b) La persona titular de la explotación vigilará la concentración de los metales pesados que hubiesen superado los límites de la tabla del punto B del anexo IV.

c) Estas medidas se mantendrán hasta que el valor de los metales pesados que hubieran superado los límites de la tabla del punto B del anexo IV haya descendido de dichos límites.

3. La cantidad máxima de metales pesados que se pueden aportar anualmente a un suelo agrario no podrá superar los valores indicados en la columna 2 de la tabla del punto C del anexo IV, salvo en los suelos a los que sea de aplicación el apartado anterior.

Artículo 9. Aplazamiento temporal de estiércoles, productos fertilizantes orgánicos y otros materiales de origen orgánico.

1. El aplazamiento temporal en los recintos agrícolas de estiércoles, productos fertilizantes orgánicos y otros materiales de origen orgánico, con el fin de facilitar su aplicación subsiguiente a los suelos agrarios, diferenciándose del almacenamiento de estiércoles y purines en las granjas que se regulan en las normas de ordenación correspondientes, se realizará conforme a este artículo.

2. Sin perjuicio de normativas sectoriales, de la Unión Europea, nacionales o autonómicas al efecto, se evitará el aplazamiento temporal al aire libre de estiércoles, productos fertilizantes orgánicos y otros materiales de origen orgánico; no obstante, si fuera necesario para facilitar la logística del reparto, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

a) El aplazamiento sólo podrá realizarse fuera de los periodos previstos en el artículo 4.4.

b) La humedad máxima del material que se puede apilar será del 80 %.

c) Sólo podrá haber una pila en cada recinto, que no superará las 250 toneladas. No obstante, en áreas con una pluviosidad superior a 650 milímetros anuales, las autoridades competentes podrán autorizar dos o más pilas en cada recinto, siempre que la suma de estas no supere las 250 toneladas de material.

d) Las pilas se situarán únicamente en lugares donde no haya riesgo de infiltración por corrientes, y lejos de corrientes de aguas como cauces, lagos, lagunas, cerros humedales y embalses, captaciones subterráneas de agua para consumo humano, pozos y fuentes.

e) Las pilas se situarán preferentemente en terrenos elevados y aguas abajo.

f) El aplazamiento se realizará siempre dentro del recinto agrícola, sin afectación de terrenos próximos a éste.

g) Las pilas no podrán permanecer en los recintos más de cinco días. Se exceptuará de esta obligación aquellos recintos cuyo acceso por la maquinaria quede imposibilitado por las lluvias hasta que cese esta circunstancia.

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

Artículo 10. *Aplicación de estiércoles, productos fertilizantes orgánicos y otros materiales de origen orgánico.*

1. Se prohíbe la aplicación de purines mediante sistemas de plato, abanico y por cañón, salvo en los siguientes casos:

- a) En los recintos con pendientes medias superiores al 10 %.
- b) En la explotación entera cuando los recintos con pendientes medias superiores al 10 % supongan más de la mitad de la superficie total de la explotación o cuando la superficie de los recintos con pendientes medias iguales o inferiores al 10 % no supere las dos hectáreas.

En cualquier caso, no se podrán aplicar los purines mediante sistemas de plato, abanico y por cañón cuando en el momento de realizar la labor se prevea una temperatura ambiente superior a un límite que determinarán las autoridades competentes de las comunidades autónomas, que también establecerán el periodo de tiempo inmediatamente posterior durante el cual se extiende esta prohibición.

2. Se prohíbe la aplicación de otros materiales orgánicos u órgano-minerales, incluidos residuos, mediante sistemas de plato, abanico y por cañón, siempre que la humedad de estos materiales sea igual o superior al 90 %.

3. Los estiércoles y los productos o materiales orgánicos u órgano-minerales, incluidos los residuos deben ser enterrados lo antes posible tras su aplicación y siempre en las primeras 12 horas, mediante arado de vertedera, chisel, cultivador o equipo que asegure una labor equivalente, excepto si concurre alguna de las siguientes circunstancias:

- a) Los recintos en los que se practique la siembra directa o la agricultura de conservación, incluidos los cultivos leñosos con cubierta vegetal entre líneas, o estén dedicados a pastos o tengan el cultivo ya nacido.
- b) Cuando los purines y otros materiales líquidos hayan sido aplicados al suelo por inyección o utilizando sistemas de bandas con mangueras o rejas o cualquier otro dispositivo de aplicación localizada.
- c) Cuando se aplique material que haya sido previamente compostado o digerido y presente un certificado analítico con un contenido de nitrógeno amoniacal inferior al 0,6 %, expresado en nitrógeno (N) respecto al peso fresco del material.
- d) Los recintos exceptuados en el apartado 1.

Las autoridades competentes de las comunidades autónomas, atendiendo a las características agroclimáticas de sus territorios, podrán establecer un plazo de tiempo máximo inferior a las 12 horas para llevar a cabo este enterrado cuando sea obligatorio.

4. Cuando se apliquen estiércoles sólidos o purines o productos o materiales orgánicos u órgano-minerales, incluidos los residuos, será obligatorio emplear al menos una de las medidas de mitigación de emisiones incluidas en el anexo V o cualquier otra avalada técnicamente y reconocida por las comunidades autónomas para la que se haya demostrado una eficiencia similar a la hora de reducir emisiones de amoníaco. No obstante, los estiércoles sólidos aplicados en terrenos que se acogen a la excepción de los apartados 1 y 3 están exentos de cumplir con esta obligación.

Sección 2.ª Disposiciones según productos o materiales a emplear

Artículo 11. *Productos fertilizantes.*

1. Sólo son productos fertilizantes y se pueden etiquetar como tales, aquellos productos que se ajustan a la definición p) del artículo 3.

2. Por lo tanto, no tienen la consideración de productos fertilizantes ni, en consecuencia, pueden emplear este término ni en la etiqueta ni en los papeles de acompañamiento, todos aquellos materiales que:

- a) han sido elaborados:

1.º A partir de residuos no incluidos en el anexo II del Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, o que, habiendo sido incluidos no

BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO
LEGISLACIÓN CONSOLIDADA

hayan sido tratados de acuerdo con los procedimientos autorizados para ellos en dicho reglamento, o

2.º A partir de residuos no incluidos en el anexo IV del Real Decreto 506/2013, de 26 de junio, o en la lista de otros residuos del mencionado real decreto, o

3.º Sin cumplir con lo establecido en la Ley 7/2022, de 8 de abril y, en particular con lo establecido en los artículos 33 y 65 relativos a las autorizaciones y obligaciones de información, o

4.º Mediante procedimientos no conformes con los términos de la autorización a que hace referencia el punto anterior, o

5.º De forma que el material final obtenido supera los contenidos autorizados de contaminantes para un producto fertilizante, de acuerdo con la normativa a la que se acoge para su puesta en el mercado, o

b) El material resultante no está inscrito en el Registro de productos fertilizantes cuando debería estarlo de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, o

c) Se pongan en el mercado fuera de los canales legales para ello.

3. En todos estos casos, cuando los materiales hayan sido elaborados empleando residuos, al no cumplir los requisitos que establece la legislación, continúan manteniendo su condición de residuos y siguen estando incluidos en el ámbito de aplicación de la Ley 7/2022, de 8 de abril, y de su correspondiente régimen sancionador. Por lo tanto, aquellas aplicaciones que se realicen incumpliendo lo dispuesto en la legislación de residuos o lo establecido en el presente real decreto en referencia a los residuos, tendrán consideración de infracción administrativa de acuerdo con lo establecido en la Ley 7/2022, de 8 de abril, y sin perjuicio, en su caso, de las correspondientes responsabilidades civiles, penales y medioambientales.

Artículo 12. *Productos fertilizantes nitrogenados.*

1. Se prohíbe el uso de productos fertilizantes a base de carbonato de amonio.

2. Se favorecerá, en la medida de lo posible, el empleo de productos fertilizantes que produzcan menos emisiones de amoníaco, teniendo en cuenta las características de suelo, clima y cultivo.

3. Cuando se utilice urea o soluciones nitrogenadas ureicas deberá emplearse, al menos, uno de los métodos indicados en la parte B del anexo V o cualquier otro para el que se haya demostrado una eficiencia similar a la hora de reducir emisiones de amoníaco.

4. Si, en el transcurso de un año, se constata que el nitrógeno aportado mediante urea y soluciones nitrogenadas ureicas supera en el ámbito nacional el 30 % del nitrógeno total comercializado, en la siguiente campaña de abonado aquellas explotaciones que apliquen más del 20 % de sus necesidades de nitrógeno mediante urea o soluciones nitrogenadas ureicas, deberán elegir entre los métodos de la parte B del anexo V, aquellos que garanticen una reducción de las emisiones superior al 30 % respecto a la técnica de referencia, de acuerdo con las estimaciones de la guía elaborada por el Grupo de trabajo sobre Nitrógeno reactivo de la Comisión Económica de las Naciones Unidas para Europa (UNECE) «Opciones para la mitigación de amoníaco». A estos efectos, anualmente, mediante resolución de la Dirección General de Producciones y Mercados Agrarios se hará pública la cantidad de nitrógeno comercializado en forma de urea y soluciones nitrogenadas ureicas respecto del total. En caso de que Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico determine coeficientes de reducción nacionales para estas técnicas, estos sustituirán los bibliográficos anteriores.

5. Un año después de la eficacia de este real decreto, el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación proporcionará al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico la información disponible para que el Sistema Español de Inventarios (SEI) pueda incorporar en sus algoritmos de cálculo coeficientes nacionales que permitan evaluar la eficiencia de las medidas de abatimiento con el fin de revisar los porcentajes del apartado anterior.