



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN  
*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and  
Scalability via Blockchain application*

---



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and Scalability via  
Blockchain application*

Autor: José Ignacio Magdalena Camacho

Director: José Carlos Romero Mora

Madrid



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and*

*Scalability via Blockchain application*

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título  
Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and Scalability via  
Blockchain application

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

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

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

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

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: José Ignacio Magdalena Camacho

Fecha: 30/06/2023



Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: José Carlos Romero Mora

Fecha: 30/ 06/ 2023



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN  
*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and  
Scalability via Blockchain application*

---



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN  
*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and  
Scalability via Blockchain application*

---



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

TRABAJO FIN DE GRADO

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and Scalability via  
Blockchain application*

Autor: José Ignacio Magdalena Camacho

Director: José Carlos Romero Mora

Madrid



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and*

*Scalability via Blockchain application*

Agradecimientos.

Este trabajo va dedicado a todas las personas que me han acompañado y tendido una mano a lo largo de mi existencia.

A mi padre, ojalá estuvieras aquí para ver mi conversión en ingeniero y todos los avances de mi vida.

A mi madre, por predicar siempre con el ejemplo, cargar conmigo contra todo, aguantándome y siempre siendo mi guía.

A mis amigos de ICAI, sin vosotros no habría tenido el apoyo necesario, ni las aventuras que dan sentido a mi vida. Sin vosotros no merecería la pena este camino recorrido y no sería quien soy.

A José Carlos Romero Mora, por tu paciencia infinita, tu bondad, tu consejo y por todas nuestras maravillosas reuniones. No olvidaré como me tendiste una mano en un momento complicado, sin esperar nada a cambio. El mundo se merece a más gente como tú. Te estaré eternamente agradecido.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and*

*Scalability via Blockchain application*

---

# **COMUNIDADES ENERGÉTICAS: SITUACIÓN ACTUAL, BENEFICIOS Y DESVENTAJAS Y ESCALABILIDAD VIA BLOCKCHAIN**

**Autor: Magdalena Camacho, José Ignacio.**

Director: Romero Mora, José Carlos.

Entidad Colaboradora: Universidad Pontificia de Comillas

## **RESUMEN DEL PROYECTO**

El proyecto tiene como objetivo realizar una revisión exhaustiva de las comunidades energéticas, incluyendo la legislación vigente en España y las diferencias con países vecinos europeos, así como las características técnicas de la Comunidad Energética. Se presentan argumentos que respaldan los beneficios de implementar estas comunidades. Además, se realiza un estudio de caso de la Comunidad Energética de Valdepiélagos en la Comunidad de Madrid, analizando sus logros y desafíos. También se explora la escalabilidad de las comunidades energéticas con la tecnología Blockchain, con el desarrollarlo de una red blockchain específica para la gestión eficiente de la comunidad. Esta investigación proporciona una visión completa y detallada de las comunidades energéticas, resaltando su relevancia actual y su potencial para transformar el sector energético hacia un modelo más sostenible y participativo.

Palabras clave: Comunidad Energética, Blockchain, Energía renovable, Energía Solar, Autoconsumo Colectivo, Escalabilidad, Transición energética.

### **1. Introducción**

La transición hacia un modelo energético más sostenible y descentralizado es uno de los desafíos más apremiantes de nuestra sociedad actual. En este contexto, ha surgido una figura innovadora que promete revolucionar la forma en que generamos, compartimos y consumimos energía: la comunidad energética.

---

Una comunidad energética es un concepto que va más allá de la simple producción de energía renovable. Se trata de un enfoque participativo y colaborativo que empodera a los individuos y comunidades para tomar decisiones en torno a su propia energía, promoviendo la autogestión y la participación ciudadana. Esta figura surge como respuesta a la necesidad de descentralizar el sistema energético, diversificar las fuentes de generación y promover la eficiencia energética.

En una comunidad energética, los participantes se unen para generar, compartir y consumir energía de manera conjunta. Esto implica la instalación de sistemas de energía renovable, como paneles solares o aerogeneradores, en edificios comunitarios o en hogares individuales. A través de la implementación de tecnologías avanzadas, como la gestión inteligente de la energía y la utilización de redes de distribución inteligentes, se logra una mayor eficiencia en la generación y el consumo de energía.

La comunidad energética no solo se limita al ámbito técnico y económico, sino que también tiene un impacto social y medioambiental significativo. Estas comunidades fomentan la participación ciudadana, fortaleciendo los lazos comunitarios y generando un sentido de pertenencia y responsabilidad compartida. Además, al promover la generación de energía a partir de fuentes renovables, se contribuye a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y a la lucha contra el cambio climático.

A pesar de que la figura de la comunidad energética todavía se encuentra en una etapa de desarrollo, ya se han implementado numerosos proyectos exitosos en diferentes partes del mundo. Estas experiencias demuestran que las comunidades energéticas pueden ser una solución viable y efectiva para impulsar la transición hacia un modelo energético más sostenible y participativo.

En este trabajo, se explorará en detalle la figura de la comunidad energética, analizando sus características técnicas, sus beneficios y desafíos. Se examinará la legislación vigente en

---

España y se realizará un estudio de caso sobre una comunidad energética ya establecida, con el objetivo de comprender su funcionamiento, evaluar sus logros y desafíos, y extraer lecciones aprendidas.

Asimismo, se abordará la posibilidad de integrar las comunidades energéticas con otros actores del sector eléctrico, como empresas de servicios energéticos o proveedores de tecnologías innovadoras. Se explorará cómo esta colaboración puede potenciar la eficiencia y mejorar el desempeño de las comunidades energéticas.

En resumen, este trabajo tiene como objetivo proporcionar una visión completa y detallada de la figura de la comunidad energética, destacando su importancia en la transición hacia un modelo energético más sostenible y participativo. A través del análisis de casos concretos y la evaluación de las condiciones legales y técnicas, se busca comprender mejor el potencial de esta figura y explorar nuevas oportunidades de colaboración para impulsar su desarrollo y expansión.

## **2. Definición del Proyecto**

El Proyecto trata de estudiar las comunidades energéticas en detalle, plasmando sus características técnicas, entendiendo el desarrollo del marco legal que las rige con las diferencias que puede haber entre países miembros de la UE acerca de su regulación. Además se ha hecho un caso de estudio, sobre una comunidad ya implementada en el municipio de Valdepiélagos, Madrid . Por ultimo, se ha desarrollado una red blockchain que almacena las facturas y calcula los excedentes de la red, con las bondades que supone en materia de descentralización, confidencialidad y escalabilidad, pudiendo así integrarse con tecnologías ya existentes como el proyecto confía de Endesa, para la sencilla aplicación del Bono Social combinado con la privacidad y confidencialidad del uso de la Blockchain en el sistema sanitario estonio.

## **3. Descripción del modelo de trabajo**

El proyecto ha completado una revisión exhaustiva de las comunidades energéticas, abordando la legislación vigente en España y las diferencias con países vecinos europeos, así como las características técnicas de la Comunidad Energética. Se han presentado argumentos sólidos que respaldan los beneficios de implementar estas comunidades. Además, se ha realizado un estudio de caso de la Comunidad Energética de Valdepiélagos en la Comunidad de Madrid, analizando sus logros, desafíos y lecciones aprendidas. También se ha explorado la escalabilidad de las comunidades energéticas mediante la implementación de la tecnología Blockchain, con el objetivo de desarrollar una blockchain específica basada en el consenso de Prueba de Autoridad, que permite gestionar de manera eficiente la comunidad energética. Esta investigación ha proporcionado una visión completa y detallada de las comunidades energéticas, destacando su relevancia en el contexto actual y demostrando su potencial para transformar el sector energético hacia un modelo más sostenible, participativo y eficiente.

#### 4. Resultados

Gracias a la implementación de una red Blockchain, los integrantes de la comunidad, podrán tener acceso a sus facturas en una plataforma descentralizada, que además les permitirá tomar decisiones acerca del uso de los excedentes, para una mayor gestión de la comunidad energética, permitiéndoles hacer un mayor uso de los recursos energéticos, provenientes de métodos renovables como la energía solar fotovoltaica

Factura del Cliente 3165615K desde el Periodo de Facturacion Inicial (del 01/01/2023 al 31/01/2023)					
	Numero Factura	Periodo de Facturacion	Potencia Consumida (kWh)	Potencia Producida (kWh)	Excedente (kWh)
0	5944718538E	01/01/2023 al 31/01/2023	89	195	106
1	3112542216N	01/02/2023 al 28/02/2023	298	420	122
2	9632863143W	01/03/2023 al 31/03/2023	213	406	193
3	TOTAL		600	1021	421

*1 Facturas mensuales y cálculo de excedentes generados por la Blockchain Desarrollada*

#### 5. Conclusiones

La figura de la comunidad energética se presenta como una realidad en constante desarrollo, que ofrece numerosos beneficios en el sector energético. Tras el estudio y visita a la comunidad ya implementada

---

de Valdepiélagos, se puede apreciar que, a pesar de contar con elementos sencillos como paneles fotovoltaicos, se evidencia que se trata de una tecnología de vanguardia que requiere un alto grado de planificación. La implementación de una comunidad energética es una tarea laboriosa que va más allá del desarrollo técnico del proyecto, ya que también implica asegurar la integración en el marco comunitario, cumplir con la normativa española y, en caso de que esta no esté finalizada, dirigirse a la normativa europea.

La implementación de una comunidad energética no solo ofrece beneficios económicos, sino que también genera impactos positivos en ámbitos sociales, medioambientales y de transición ecológica. Aunque a primera vista los costes de entrada pueden parecer elevados, una vez que la comunidad energética entra en funcionamiento, estos costes se vuelven ligeros en comparación con los beneficios obtenidos en múltiples ámbitos. Además, es posible la mitigación de las barreras de entrada, por los elevados costes de la instalación, mediante la solicitud de la multitud de ayudas disponibles a nivel local, nacional y europeo que pueden respaldar el desarrollo de las comunidades energéticas. Facilitando el proceso de la obtención de financiación, para el desarrollo del proyecto.

Por ello, cabe resaltar la figura de las empresas que desarrollan estos proyectos, como en el caso real estudiado de Valdepiélagos donde la empresa Ecoo ha sido responsable de la planificación y ejecución de gran medida del proceso. Su experiencia y conocimiento en la implementación de comunidades energéticas son fundamentales para el éxito de estos proyectos y para garantizar su integración adecuada en el entorno local, y por ello, para los municipios que desee constituir una comunidad energética, este tipo de empresas se presentan como un servicio que puede ayudar en el correcto desarrollo y más rápida implementación de los proyectos de comunidad energética, que se deseen hacer realidad.

En cuanto al horizonte temporal para el desarrollo de una comunidad energética, es crucial comprender, que se necesita de un alto grado de compromiso ciudadano por un largo periodo de tiempo, con un enfoque gradual en mejorar la eficiencia y el rendimiento de la comunidad con el paso del tiempo.

---

En consecuencia, el desarrollo de la comunidad energética representa una solución prometedora y concreta que combina tecnología de vanguardia, compromiso comunitario y beneficios en diversos ámbitos. A través de la integración en el marco normativo, el apoyo financiero y la participación de las empresas y los actores locales, las comunidades energéticas pueden contribuir significativamente a la transformación del sistema energético hacia uno más sostenible, participativo y eficiente. A medida que las comunidades energéticas continúen desarrollándose, existe un gran potencial para integrar tecnologías adicionales y establecer alianzas estratégicas con diferentes actores del sector. Esta cooperación puede impulsar la adopción masiva de soluciones energéticas sostenibles, aumentar la eficiencia de los sistemas y acelerar la transición hacia un modelo energético más limpio y descentralizado.

## 6. Referencias

<sup>1</sup> Acuerdo de París.

<https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

<sup>1</sup> Estudio Universidad de Navarra Dependencia Energética

<https://www.unav.edu/web/global-affairs/espana-puede-ser-un-factor-clave-para-reducir-la-dependencia-energetica-europea-de-rusia#:~:text=La%20dependencia%20europea%20del%20gas,los%20datos%20son%20m%C3%A1s%20esclarecedores>

<sup>1</sup> Sostenibilidad BBVA

[https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-comunidades-energeticas-y-como-funcionan/?gclid=Cj0KCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRr2Xja6djhw7N4OCBBYUdc6Hp48YaEpX7KiuS4AojnNW4ukSMdmUaAte3EALw\\_wcB](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-comunidades-energeticas-y-como-funcionan/?gclid=Cj0KCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRr2Xja6djhw7N4OCBBYUdc6Hp48YaEpX7KiuS4AojnNW4ukSMdmUaAte3EALw_wcB)

<sup>1</sup> IDAE

<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>

<sup>1</sup> PNIEC

<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>

<sup>1</sup> Proyecto de Real Decreto por el que se desarrollan las figuras de las comunidades de energías renovables y las comunidades ciudadanas de energía

<https://energia.gob.es/es-es/participacion/paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=595>

<sup>1</sup> Clean Energy for all Europeans Package

[https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en)

<sup>1</sup> CTA

<https://www.corporaciontecnologica.com/es/sala-de-prensa/comunicados/Endesa-aplica-blockchain-para-mejorar-la-gestion-de-clientes-vulnerables-y-evitarles-cortes-de-luz-por-impagos/>

<sup>1</sup> Proyecto Confía

<https://www.endesa.com/es/proyectos/todos-los-proyectos/innovability/south-summit-2020/confia>

<sup>1</sup> Universidad Pontificia de Comillas Catedra de Energía y Pobreza.

<https://www.comillas.edu/es/catedra-de-energia-y-pobreza>

<sup>1</sup> Datadis :Consulta de Autoconsumo Colectivo del tipo “con excedentes y compensación Colectivo”

<https://datadis.es/self-consumption>

<sup>1</sup> Ethereum ERC 20

<https://etherscan.io/charts#section-network-data>

<sup>1</sup> Geekflare Protocolos de Consenso

<https://geekflare.com/es/blockchain-consensus-algorithms-pow-vs-pos/>

<sup>1</sup> Gas Fees de Ethereum

[https://ycharts.com/indicators/ethereum\\_average\\_gas\\_price#:~:text=Ethereum%20Average%20Gas%20Price%20is,2.36%25%20from%20one%20year%20ago.](https://ycharts.com/indicators/ethereum_average_gas_price#:~:text=Ethereum%20Average%20Gas%20Price%20is,2.36%25%20from%20one%20year%20ago.)

<sup>1</sup> Proof of Authority explicado por INESDI Business Techschool

<https://www.inesdi.com/blog/algoritmo-consenso-blockchain/>



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN  
*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and  
Scalability via Blockchain application*

---

## **ENERGY COMMUNITIES: CURRENT SITUATION, BENEFITS AND DISADVANTAGES AND SCALABILITY VIA BLOCKCHAIN**

**Author: Magdalena Camacho, José Ignacio.**

Supervisor: Romero Mora, José Carlos.

Collaborating Entity: Universidad Pontificia de Comillas

### **ABSTRACT**

The project aims to carry out an exhaustive review of energy communities, including the legislation in force in Spain and the differences with neighboring European countries, as well as the technical characteristics of the Energy Community. Arguments supporting the benefits of implementing these communities are presented. In addition, a case study of the Valdepiélagos Energy Community in the Community of Madrid is carried out, analyzing its achievements and challenges. The scalability of energy communities with Blockchain technology is also explored, with the development of a specific blockchain network for the efficient management of the community. This research provides a comprehensive and detailed overview of energy communities, highlighting their current relevance and their potential to transform the energy sector towards a more sustainable and participatory model.

**Keywords:** Energy Community, Blockchain, Renewable Energy, Solar Energy, Collective Self-consumption, Scalability, Energy Transition.

### **1. Introduction**

The transition to a more sustainable and decentralized energy model is one of the most pressing challenges facing our society today. In this context, an innovative figure has emerged that promises to revolutionize the way we generate, share and consume energy: the energy community.

An energy community is a concept that goes beyond the simple production of renewable energy. It is a participatory and collaborative approach that empowers individuals and

---

communities to make decisions about their own energy, promoting self-management and citizen participation. This figure arises in response to the need to decentralize the energy system, diversify generation sources and promote energy efficiency.

In an energy community, participants come together to jointly generate, share and consume energy. This involves the installation of renewable energy systems, such as solar panels or wind turbines, in community buildings or individual homes. Through the implementation of advanced technologies, such as smart energy management and the use of smart grids, greater efficiency in energy generation and consumption is achieved.

The energy community is not only limited to the technical and economic sphere, but also has a significant social and environmental impact. These communities encourage citizen participation, strengthening community ties and generating a sense of belonging and shared responsibility. In addition, by promoting the generation of energy from renewable sources, they contribute to the reduction of greenhouse gas emissions and the fight against climate change.

Although the figure of the energy community is still in a developmental stage, numerous successful projects have already been implemented in different parts of the world. These experiences demonstrate that energy communities can be a viable and effective solution to drive the transition towards a more sustainable and participatory energy model.

In this paper, the figure of the energy community will be explored in detail, analyzing its technical characteristics, benefits and challenges. The current legislation in Spain will be examined and a case study of an already established energy community will be carried out, with the aim of understanding its functioning, evaluating its achievements and challenges, and extracting lessons learned.

It will also address the possibility of integrating energy communities with other actors in the electricity sector, such as energy service companies or providers of innovative technologies. It

---

will explore how this collaboration can enhance efficiency and improve the performance of energy communities.

In summary, this paper aims to provide a comprehensive and detailed overview of the figure of the energy community, highlighting its importance in the transition towards a more sustainable and participatory energy model. Through the analysis of concrete cases and the evaluation of legal and technical conditions, it seeks to better understand the potential of this figure and explore new opportunities for collaboration to boost its development and expansion.

## 2. Definition of the Project

The project tries to study the energy communities in detail, showing their technical characteristics, understanding the development of the legal framework that governs them with the differences that may exist between EU member countries about their regulation. In addition, a case study has been made on a community already implemented in the municipality of Valdepiélagos, Madrid. Finally, a blockchain network has been developed that stores the bills and calculates the surplus of the network, with the benefits of decentralization, confidentiality and scalability, and can be integrated with existing technologies such as Endesa's Confía project, for the simple application of the Social Bonus combined with the privacy and confidentiality of the use of the Blockchain in the Estonian health system.

## 3. Project methodology.

The project has completed a comprehensive review of energy communities, addressing the current legislation in Spain and the differences with neighboring European countries, as well as the technical characteristics of the Energy Community. Strong arguments have been presented to support the benefits of implementing these communities. In addition, a case study of the Energy Community of Valdepiélagos in the Community of Madrid has been carried out, analyzing its achievements, challenges and lessons learned. The scalability of energy communities has also been explored through the implementation of Blockchain technology, with the aim of developing a specific blockchain based on Proof of Authority consensus, which allows to efficiently manage the energy community. This research has provided a comprehensive and detailed overview of energy communities, highlighting their relevance in the current context and demonstrating their potential to transform the energy sector towards a more sustainable, participatory and efficient model

#### 4. Results

**By the implementation of a Blockchain network, the members of the community will have access to their bills on a decentralized platform, which will also allow them to make decisions about the use of surpluses, for a better management of the energy community, allowing them to make a better use of energy resources, from renewable methods such as solar photovoltaic energy.**

Factura del Cliente 3165615K desde el Periodo de Facturacion Inicial (del 01/01/2023 al 31/01/2023)					
Numero Factura	Periodo de Facturacion	Potencia Consumida (kWh)	Potencia Producida (kWh)	Excedente (kWh)	
0	5944718538E 01/01/2023 al 31/01/2023	89	195	106	
1	3112542216N 01/02/2023 al 28/02/2023	298	420	122	
2	9632863143W 01/03/2023 al 31/03/2023	213	406	193	
3	TOTAL	600	1021	421	

*2 Monthly invoice and surplus calculus, generated by the implemented Blockchain*

#### 5. Conclusions

The figure of the energy community is presented as a reality in constant development, which offers numerous benefits in the energy sector. After the study and visit to the community already implemented in Valdepiélagos, it can be seen that, despite having simple elements such as photovoltaic panels, it is evident that this is an innovative technology that requires a high degree of planning. The implementation of an energy community is a laborious task that goes beyond the technical development of the project, as it also involves ensuring integration into the community framework, complying with Spanish regulations and, in the event that these are not finalized, addressing European regulations.

The implementation of an energy community not only offers economic benefits, but also generates positive impacts in social, environmental and ecological transition areas. Although at first glance the entry costs may seem high, once the energy community becomes operational, these costs become light compared to the benefits obtained in multiple areas. In addition, it is possible to mitigate barriers to entry, due to high installation costs, by applying for the multitude of grants available at local, national and European level that can support the development of energy communities. Facilitating the process of obtaining financing for the development of the project.

For this reason, it is worth highlighting the figure of the companies that develop these projects, as in the real case studied in Valdepiélagos where the company Ecoo has been responsible for the planning and execution of a large part of the process. Their experience and knowledge in the implementation of energy communities are essential for the success of these projects and to ensure their proper integration into the local environment, and therefore, for municipalities wishing to establish an energy community, such companies are presented as a service that can help in the proper development and faster implementation of energy community projects, which are desired to make reality.

Regarding the time horizon for the development of an energy community, it is crucial to understand that it requires a high degree of citizen commitment over a prolonged period of time, with a gradual focus on improving the efficiency and performance of the community over time.

Consequently, community energy development represents a promising and concrete solution that combines state-of-the-art technology, community engagement, and community participation and benefits in various fields. Through integration into the regulatory framework, financial support and the involvement of local companies and stakeholders, energy communities can significantly contribute to the transformation of the energy system towards a more sustainable, participatory and efficient one. As energy communities continue to develop, there is exciting potential to integrate additional technologies and establish strategic alliances with different actors in the sector. This cooperation can drive the mass adoption of sustainable energy solutions, increase system efficiency, and accelerate the transition to a cleaner, decentralized energy model.

## 6. References

<sup>1</sup> Acuerdo de París.

<https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

<sup>1</sup> Estudio Universidad de Navarra Dependencia Energética

<https://www.unav.edu/web/global-affairs/espana-puede-ser-un-factor-clave-para-reducir-la-dependencia-energetica-europea-de-rusia#:~:text=La%20dependencia%20europea%20del%20gas,los%20datos%20son%20m%C3%A1s%20esclarecedores>

<sup>1</sup> Sostenibilidad BBVA

[https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-comunidades-energeticas-y-como-funcionan/?gclid=Cj0KCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRr2Xja6djhw7N4OCBBYUdc6Hp48YaEpX7KiuS4AojnNW4ukSMdmUaAte3EALw\\_wcB](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-comunidades-energeticas-y-como-funcionan/?gclid=Cj0KCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRr2Xja6djhw7N4OCBBYUdc6Hp48YaEpX7KiuS4AojnNW4ukSMdmUaAte3EALw_wcB)

<sup>1</sup> IDAE

<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>

<sup>1</sup> PNIEC

<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>

<sup>1</sup> Proyecto de Real Decreto por el que se desarrollan las figuras de las comunidades de energías renovables y las comunidades ciudadanas de energía

<https://energia.gob.es/es-es/participacion/paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=595>

<sup>1</sup> Clean Energy for all Europeans Package

[https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en)

<sup>1</sup> CTA

<https://www.corporaciontecnologica.com/es/sala-de-prensa/comunicados/Endesa-aplica-blockchain-para-mejorar-la-gestion-de-clientes-vulnerables-y-evitarles-cortes-de-luz-por-impagos/>

<sup>1</sup> Proyecto Confía

<https://www.endesa.com/es/proyectos/todos-los-proyectos/innovability/south-summit-2020/confia>

<sup>1</sup> Universidad Pontificia de Comillas Catedra de Energía y Pobreza.

<https://www.comillas.edu/es/catedra-de-energia-y-pobreza>

<sup>1</sup> Datadis :Consulta de Autoconsumo Colectivo del tipo “con excedentes y compensación Colectivo”

<https://datadis.es/self-consumption>

<sup>1</sup> Ethereum ERC 20

<https://etherscan.io/charts#section-network-data>

<sup>1</sup> Geekflare Protocolos de Consenso

<https://geekflare.com/es/blockchain-consensus-algorithms-pow-vs-pos/>

<sup>1</sup> Gas Fees de Ethereum

[https://ycharts.com/indicators/ethereum\\_average\\_gas\\_price#:~:text=Ethereum%20Average%20Gas%20Price%20is,2.36%25%20from%20one%20year%20ago.](https://ycharts.com/indicators/ethereum_average_gas_price#:~:text=Ethereum%20Average%20Gas%20Price%20is,2.36%25%20from%20one%20year%20ago.)

<sup>1</sup> Proof of Authority explicado por INESDI Business Techschool

<https://www.inesdi.com/blog/algoritmo-consenso-blockchain/>



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and*

*Scalability via Blockchain application*

---

## *Índice de la memoria*

<i>Índice de la memoria</i> .....	26
<i>Índice de figuras</i> .....	28
<b>CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	30
<b>CAPÍTULO 2. ESTADO DEL ARTE</b> .....	32
<b>CAPÍTULO 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y JURÍDICAS DE LAS C.C.E.E EN ESPAÑA.</b> ...	37
<b>CAPÍTULO 4. CASO DE ESTUDIO: C.E. EN VALDEPIÉLAGOS, MADRID</b> .....	40
4.1 Introducción .....	40
<b>4.2 Descripción General del proyecto</b> .....	42
4.3 Actividades .....	43
4.4 Planificación .....	45
4. 5 Resultados .....	49
4.6 Resumen del proyecto.....	50
4.7 Instalaciones.....	51
4.8 Multicomponentes y elementos innovadores.....	52
4. 9 Gestión de la demanda .....	54
4. 10 Adaptación de software de gestión de datos y de la comunidad.....	58
4.11 Presupuesto .....	60
<b>4. 12 Formas de financiación</b> .....	68
<b>4. 13 Beneficios Sociales de la implementación.</b> ....	71
4.14 Gobernanza y dinamización social .....	77

---

4.15 Ejemplo de instalación ya acometida.....	84
4. 16 Resultados de simulación acometida sobre la instalación. ....	93
<b>CAPÍTULO 5. BLOCKCHAIN Y ESCALABILIDAD EN COMUNIDADES ENERGÉTICAS.....</b>	<b>95</b>
5. 1 Introducción a la tecnología Blockchain y unión con la comunidad energética.....	95
5. 2 Situación actual del uso de la tecnología Blockchain en sistemas de producción y distribución eléctrica. ....	97
5. 3 Aplicación y uso de la Blockchain para gestión de información confidencial en el extranjero. ....	100
5.4 Conclusiones de los casos de estudio para la escalabilidad de las comunidades energéticas .....	102
<b>CAPÍTULO 6. APORTACIÓN DE ESTE TRABAJO A LA ESCALABILIDAD DE LAS C.C.E.E. ...</b>	<b>104</b>
<b>CAPÍTULO 7. CAPÍTULO SIETE CREACIÓN DE UNA BLOCKCHAIN AUTÓNOMA PARA ALMACENAR LOS DATOS.....</b>	<b>107</b>
7.1 Clase Blockchain y clase Block.....	108
7.2 Clase API.....	111
7.3 Implementación.....	117
<b>CAPÍTULO 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>129</b>
<b>CAPÍTULO 9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>131</b>

---

## *Índice de figuras*

1 Facturas mensuales y cálculo de excedentes generados por la Blockchain Desarrollada.....	12
2 Monthly invoice and surplus calculus, generated by the implemented Blockchain .....	21
3 Imagen de la Comunidad Energética de Valdepiélagos. Cedida por Ecooo .....	32
4 Diagrama Conceptual de Flujo Eléctrico en una Comunidad Energética. Fuente: Ayuntamiento de Valdepiélagos.....	57
5 Logo de la Asociación de Valdepiélagos.....	78
6 Análisis DAFO del municipio, proporcionado por el Ayuntamiento de Valdepiélagos.....	82
7 Instalación de paneles solares en cubierta del polideportivo municipal .....	84
8 Esquema eléctrico de la instalación. Fuente: Ayuntamiento de Valdepiélagos .....	85
9 Consumo estimado en el Municipio de Valdepiélagos. Fuente: Valdepiélagos. ....	86
10 Flujo de energía de la instalación eléctrica. Fuente: Valdepiélagos/Ecoo .....	88
11 Situación de montaje de la instalación en el polideportivo. Fuente: Valdepiélagos. Editado.....	89
12 Plano de líneas eléctricas Fuente: Valdepiélagos-Ecooo .....	89
13 Plano de acotación Fuente: Valdepiélagos-Ecooo .....	90
14 Diagrama de bloques de la instalación. Fuente: Valdepiélagos-Ecooo .....	92
15 Leyenda del diagrama Fuente: Valdepiélagos-Ecooo.....	92
16 Factura generada por la Blockchain desarrollada .....	127



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and*

*Scalability via Blockchain application*



## Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

La generación de energías verdes ha ganado fuerza en la última década, a consecuencia del cambio climático y la necesidad de una generación alternativa al uso de los recursos fósiles. Por eso está en nuestras manos el implementar nuevas vías de generación eléctrica de manera limpia y el hacer un consumo responsable como usuarios.

Con el fin de establecer objetivos comunes globales, se firmó el Acuerdo de París<sup>i</sup>, adoptado por 196 países, el cual es considerado un hito al hacer partícipe a todos los países en un proceso multilateral en la causa común de combatir el cambio climático y la adaptación a sus efectos. El acuerdo, entró en vigor el 4 de noviembre de 2016. El objetivo del acuerdo es la limitación de calentamiento global preferiblemente a 1.5°C por debajo de los niveles preindustriales para mediados del siglo XXI. Para la consecución de estos objetivos se propone una limitación en el máximo de las emisiones de gases de efecto invernadero. El Acuerdo de París, además, proporciona un marco para el apoyo financiero, técnico y de creación de capacidad a los países que lo necesitan.

A lo anterior hay que añadir el inicio de la guerra en Ucrania en 2022. Esta ha traído sanciones económicas a Rusia y un consecuente aumento de los precios en el mercado del gas, del cual Europa es altamente dependiente, con un 38% del gas natural consumido en Europa en 2021 siendo de origen ruso. A niveles nacionales, la dependencia puede ser elevada como en el caso de Italia (43%), Polonia (54%), Alemania (65%) o muy elevada como Hungría (95%) y República Checa (100%)<sup>ii</sup>. En consecuencia, la unión de las causas ambientales y el nuevo contexto sociopolítico nos obliga a explorar nuevas maneras de generar energía de carácter renovable con aún mayor celeridad e importancia.

Por eso en este trabajo nos interesaremos en las *comunidades energéticas*, que son comunidades locales que se aúnan en autoconsumo colectivo, permitiendo a sus integrantes

---

aprovecharse de la energía que producen, pudiendo ser para uso particular al igual que comercial, compartiendo la energía de un modo sostenible y justo. Por su carácter verde y porque permiten aprovechar recursos renovables y la participación ciudadana en la producción energética, en este trabajo, la figura de comunidad energética será tratada como un instrumento para acelerar el desarrollo de la transición energética hacia un sistema de producción libre de emisiones de CO<sub>2</sub><sup>iii</sup>.

Según el Instituto para la Diversificación y el Ahorro de Energía (IDAE)<sup>iv</sup>, una comunidad energética es una entidad jurídica formada por socios que pueden ser tanto personas físicas como otras asociaciones, pequeñas y medianas empresas (pymes) o, incluso, administraciones públicas. Esta sociedad, de forma cooperativa, establece una serie de objetivos de obtención de energía para sí misma, una comunidad o terceros beneficiarios.

Su objetivo principal será ofrecer beneficios energéticos, de los que se derivan los medioambientales, económicos y sociales.

Además, en el trabajo se estudiará el impacto posible de la tecnología blockchain en comunión con la figura de la comunidad energética. Blockchain se define como un registro compartido e inmutable que facilita el registro de transacciones y el seguimiento de activos en una red de negocios. Cualquier activo, tangible o intangible, puede ser rastreado y comercializado en una red blockchain, lo que reduce los riesgos y los costos para todos los involucrados en la transacción. En esencia, blockchain permite la creación de una red de confianza en la que las transacciones pueden ser verificadas y validadas de forma segura y transparente. La decisión de analizar esta tecnología en relación con las comunidades energéticas es debido a la ya existencia de iniciativas que aplican Blockchain a servicios de suministro eléctrico.

## Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE

Como queda recogido en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC<sup>v</sup>) 2021-2030 de España, aún pendiente de su aprobación definitiva, la comunidad energética engloba dos conceptos:

1. Comunidad de energías renovables. Enfocada a cualquier proyecto comunitario energético que implique el uso de fuentes renovables como la eólica o la fotovoltaica.
2. Comunidad ciudadana de energía. Está pensada para abarcar cualquier proyecto del sector eléctrico destinado a sus miembros, incluyendo distribución, suministro, consumo, agregación, almacenamiento y prestación de servicios energéticos (como renovación de edificios) o servicios de recarga para vehículos eléctricos.



*3 Imagen de la Comunidad Energética de Valdepiélagos. Cedida por Ecooo*

Actualmente, en España hay al menos 33 comunidades energéticas operativas. Estamos por tanto en el marco de una figura en desarrollo y con aún una legislación incompleta, al no existir una ley exclusiva ni un Real Decreto que esclarezca sus usos y limitaciones globales (especialmente en el entorno rural), que sirva de guía para su implementación, la formación de

---

la comunidad en sí y el poder de participación en su reparto energético. No obstante, se ha efectuado la audiencia e información pública del proyecto de Real Decreto por el que se desarrollan las figuras de las comunidades de energías renovables y las comunidades ciudadanas de energía, allanando el camino para una futura legislación específica completa. En el proyecto de real decreto se trata la cuestión sobre las comunidades energéticas, en la Disposición Final Cuarta, que se presenta a continuación.<sup>vi</sup>

*“Disposición final cuarta. Liberación de capacidad en nudos reservados para concurso para autoconsumo.*

1. En aquellos nudos en los que, con posterioridad a la entrada en vigor del Real Decreto-ley 6/2022, de 29 de marzo, por el que se adoptan medidas urgentes en el marco del Plan Nacional de respuesta a las consecuencias económicas y sociales de la guerra en Ucrania, la persona titular de la Secretaría de Estado de Energía haya resuelto o resuelva la celebración de un concurso de capacidad conforme a lo previsto en el artículo 20.5 del Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, se liberará el 10 por ciento del total de la capacidad disponible en cada uno de esos nudos que haya sido reservada en la fecha que en haya sido dictada la resolución antes señalada. Esta capacidad podrá ser otorgada por el criterio general de ordenación a que se refiere el artículo 7 del Real Decreto 1183/2020, de 29 de diciembre, a nuevas instalaciones de generación de electricidad que utilicen fuentes de energía primaria renovable siempre que estas cumplan las siguientes condiciones: a) Estar asociadas a una modalidad de autoconsumo. b) El cociente entre la potencia contratada en el periodo P1 y la potencia de generación instalada sea al menos 0,5. Las condiciones anteriores dejarán de ser de aplicación transcurridos dos años desde la entrada en vigor de este real decreto. A partir de ese momento, la capacidad que no se haya otorgado bajo dichas condiciones estará disponible para el otorgamiento de acceso por el criterio general sin más restricciones que las inherentes al procedimiento de otorgamiento general o, en su caso, simplificado. 2. La capacidad liberada a la que se refiere el apartado anterior podrá ser otorgada tanto a instalaciones que accedan directamente a la red de

---

transporte, como a las que accedan a través de la red de distribución cuando estas requieran de informe de aceptabilidad por parte del gestor de la red de transporte”.

Por otro lado, más allá de nuestras fronteras, en el ámbito europeo, las comunidades energéticas han sido oficialmente reconocidas mediante el "Clean Energy for all Europeans"<sup>vii</sup>, que comprende la reforma de la Directiva de la Unión Europea sobre normas comunes para el mercado interior de la electricidad de 2019, y la revisión de la Directiva Europea de Energías Renovables de 2018. Asimismo, a nivel nacional, países como Alemania, Dinamarca, Francia, Polonia y el Reino Unido ya han incluido en sus respectivas legislaciones el reconocimiento de las comunidades energéticas.

Las Comunidades Energéticas están experimentando un rápido crecimiento en toda Europa, y varios países han implementado legislaciones específicas para regular y fomentar su desarrollo. A continuación, se destacan algunas diferencias clave entre la legislación española y la de otros países europeos en relación con las Comunidades Energéticas.

Alemania ha sido pionera en la promoción de las Comunidades Energéticas y cuenta con una legislación avanzada al respecto. En Alemania, las Comunidades Energéticas pueden vender directamente la energía generada a los consumidores y recibir una compensación económica por ello. Además, se permite la participación de diferentes actores, como propietarios de viviendas, empresas y municipios, lo que fomenta la diversidad y el alcance de las Comunidades Energéticas.

Los Países Bajos también han implementado una legislación específica para las Comunidades Energéticas. En este país, las Comunidades Energéticas pueden operar en diferentes formas, como cooperativas de energía renovable o acuerdos de colaboración entre propietarios y usuarios de energía. La legislación holandesa permite a las Comunidades Energéticas generar, distribuir y vender energía directamente a los consumidores, fomentando la autonomía y la participación ciudadana en la transición energética.

---

Dinamarca es conocida por su liderazgo en energía renovable y también ha establecido una legislación progresista para las Comunidades Energéticas. En este país, las Comunidades Energéticas pueden acceder a tarifas favorables y beneficios fiscales, lo que incentiva la participación de los ciudadanos. Además, se han establecido mecanismos para facilitar la conexión a la red eléctrica y la medición de la energía generada y consumida por las Comunidades Energéticas.

En Francia, la legislación sobre Comunidades Energéticas se ha centrado en la creación de cooperativas de energía renovable. Estas cooperativas permiten a los ciudadanos invertir en proyectos de generación de energía renovable y recibir una compensación económica por la energía generada. Además, se ha implementado un marco legal que facilita la financiación colectiva de proyectos de energía renovable y la participación ciudadana en la toma de decisiones.

Estas son solo algunos ejemplos de las diferencias de legislación entre España y otros países europeos en relación con las Comunidades Energéticas. Aunque España ha realizado avances significativos en la regulación de estas comunidades, con la emisión del proyecto de Real Decreto, aún existen oportunidades para mejorar y alinear la legislación con las mejores prácticas internacionales. Un marco normativo sólido y claro puede proporcionar un impulso adicional al desarrollo de las Comunidades Energéticas, fomentando la participación ciudadana y promoviendo la generación de energía renovable a nivel local.

De cara a los beneficios de esta tecnología, en la actualidad, no existe ningún sistema de generación de energía que combine la generación sostenible de energía por parte de particulares con su posterior distribución para el consumo, como lo hace la comunidad energética. Este modelo energético propone una solución al tradicional sistema energético español y, gracias a esta colaboración voluntaria, se consigue un gran poder descentralizador que puede proporcionar a los miembros de la comunidad una mayor estabilidad en los precios de su

---

factura, independizándose de los conflictos internacionales, la dependencia energética y la gestión política.

Actualmente, se están explorando diversas aplicaciones de la tecnología Blockchain en el suministro eléctrico, y un ejemplo de ello es el proyecto "Confía" llevado a cabo por Endesa en colaboración con el Ayuntamiento de Málaga, la Universidad de Málaga y Alastria, y financiado por la Corporación Tecnológica de Andalucía (CTA).<sup>viii</sup> Este proyecto, pionero en Europa, permite un flujo de información más rápido y seguro entre las comercializadoras y la administración pública mediante la tecnología Blockchain.

El proyecto "Confía" tiene como objetivo agilizar la gestión de los clientes vulnerables por parte de los ayuntamientos, evitando así los cortes de suministro eléctrico por impago. Asimismo, este proyecto facilitará la misma información en tiempo real a todos los agentes involucrados en el suministro eléctrico, incluyendo a las comercializadoras, las comunidades autónomas, los ayuntamientos, los servicios sociales, la intervención y la CNMC. Con esta iniciativa, se espera que la tecnología Blockchain contribuya a mejorar la eficiencia y transparencia del suministro eléctrico en España<sup>ix</sup>.

## Capítulo 3. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y

### JURÍDICAS DE LAS C.C.E.E EN ESPAÑA.

Las Comunidades Energéticas están ganando relevancia en España como una solución innovadora para promover la generación de energía renovable y la participación ciudadana en la transición energética. Para su implementación exitosa, es crucial entender los requisitos técnicos y la legislación vigente que rige estas comunidades. A continuación, se analizan en detalle estos aspectos, con un enfoque especial en el Real Decreto 244/2019, que establece las condiciones administrativas, técnicas y económicas de las instalaciones de autoconsumo y de las Comunidades Energéticas.

1. Configuración técnica de las Comunidades Energéticas: Las Comunidades Energéticas pueden estar compuestas por diferentes tipos de instalaciones de generación renovable, como sistemas fotovoltaicos, eólicos o de biomasa. El Real Decreto 244/2019 establece que una Comunidad Energética puede estar formada por uno o varios puntos de suministro situados en una misma área geográfica y gestionados por un mismo titular. Además, se permite la participación de diferentes tipos de consumidores, como prosumidores (que generan y consumen energía) y consumidores.
2. Conexión a la red eléctrica: La conexión de las Comunidades Energéticas a la red eléctrica está regulada por el Real Decreto 244/2019. Este decreto establece que las instalaciones de generación de una Comunidad Energética deben estar conectadas en baja tensión, y establece los procedimientos administrativos y técnicos necesarios para llevar a cabo dicha conexión. Además, se establecen requisitos específicos para los dispositivos de medida y control, así como para los contratos de acceso y conexión a la red.

3. Medición y facturación: El Real Decreto 244/2019 también regula la medición y facturación en las Comunidades Energéticas. Establece que los dispositivos de medida deben permitir la medición de la energía generada y consumida por cada uno de los participantes de la Comunidad. Además, se establecen los mecanismos de compensación de excedentes de energía, donde los participantes que generen un excedente de energía pueden verterla a la red y recibir una compensación económica o energética.
4. Beneficios económicos y participación ciudadana: Una de las ventajas principales de las Comunidades Energéticas es la posibilidad de compartir los beneficios económicos entre los participantes. El Real Decreto 244/2019 establece que los participantes tienen derecho a recibir una compensación económica por la energía excedentaria que verterán a la red. Además, se promueve la participación ciudadana y la toma de decisiones colectivas dentro de la Comunidad Energética.
5. Gestión y administración de la Comunidad Energética: El Real Decreto 244/2019 también establece los requisitos para la gestión y administración de las Comunidades Energéticas. Se establece que las Comunidades Energéticas deben contar con un representante legal que actúe en nombre de los participantes y que se encargue de la coordinación y gestión de la Comunidad. Además, se establecen los procedimientos para la inscripción y registro de las Comunidades Energéticas en el Registro Administrativo de Autoconsumo.

En conclusión, el aún vigente Real Decreto 244/2019, a tiempo de realización de este trabajo, establece el marco normativo y técnico para el desarrollo de las Comunidades Energéticas en España. Esta legislación proporciona las condiciones administrativas, técnicas y económicas necesarias para fomentar la generación de energía renovable y la participación ciudadana en la transición energética. Cumplir con los requisitos técnicos y normativos es fundamental para la implementación exitosa de las Comunidades Energéticas, y puede contribuir



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)  
GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN  
*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and  
Scalability via Blockchain application*

---

significativamente a alcanzar los objetivos de sostenibilidad y descarbonización del sistema energético en España.

# Capítulo 4. CASO DE ESTUDIO: C.E. EN VALDEPIÉLAGOS, MADRID

## 4.1 Introducción

Valdepiélagos, situado en la zona noreste de la Comunidad de Madrid, es un municipio con una población de 641 habitantes.

A pesar de las amenazas de despoblación, Valdepiélagos ha experimentado un crecimiento gradual en los últimos años. Este aumento constante de la población se ha logrado gracias a la construcción de una cooperativa de treinta viviendas sostenibles y energéticamente eficientes, así como a la construcción y rehabilitación de otras viviendas en el área urbana. Además, en el último año han surgido nuevas oportunidades para contrarrestar la amenaza de despoblación, como la instalación de fibra óptica en el municipio y la adopción de modalidades de teletrabajo.

El Ayuntamiento destaca por su activa participación en la formulación de propuestas innovadoras. En este sentido, plantea la necesidad de superar los desafíos de desarrollo que enfrenta el municipio mediante la búsqueda de un modelo de crecimiento socioeconómico equilibrado, sostenible e inclusivo, convirtiéndolo en un territorio atractivo para vivir y trabajar, con una mayor calidad de vida para sus habitantes.

En la búsqueda de promover iniciativas relacionadas con la transición energética, el Ayuntamiento ha desplegado esfuerzos significativos para fomentar la implementación de un proyecto de autoconsumo y energía comunitaria. Durante el año 2020, se llevó a cabo con éxito la instalación de cinco sistemas de autoconsumo fotovoltaico de baja potencia en los techos de edificios municipales, constituyendo una experiencia altamente satisfactoria en la adopción de dichos sistemas a nivel local. Esta iniciativa sienta las bases para la posterior formación de una

---

Comunidad Energética, impulsando el uso y producción de energía sostenible bajo el marco de un sistema de autoconsumo colectivo.

Posteriormente, en el año 2021, se contrataron los servicios de asesoría técnica proporcionados por Ecooo Energía Ciudadana, una organización especializada en el acompañamiento de Comunidades Energéticas Locales (CEL). Gracias a esta colaboración, se definió la figura jurídica más adecuada, optando por la constitución de una asociación. Por consiguiente, se llevó a cabo el registro oficial de la Asociación Comunidad Energética Local de Valdepiélagos (ACEL Valdepiélagos), inscribiéndola debidamente en el registro de asociaciones de la Comunidad de Madrid. En otoño del año 2022, se formalizó la creación de la mencionada asociación, cumpliendo con todos los requisitos legales y administrativos.

A partir del año 2021, se estableció un grupo motor y se emprendió una amplia labor de difusión de la Comunidad Energética, lo cual generó un gran interés y la participación de numerosos individuos que se asociaron al proyecto. Como resultado, se constituyó la Asociación, desarrollando de manera colaborativa los estatutos y el reglamento interno que rigen las actividades de la Asociación CEL Valdepiélagos.

La comunidad energética de Valdepiélagos se constituyó como una Asociación en el año 2020, compuesta por residentes locales y el Ayuntamiento. Actualmente, se está ampliando la participación para incluir a empresas, pymes y otras organizaciones del municipio.

---

#### **4.2 Descripción General del proyecto**

El objetivo primordial de la comunidad energética de Valdepiélagos es promover la transición hacia fuentes de energía renovable, siendo impulsada por la participación ciudadana. Para lograrlo, se planifica la instalación de potencia fotovoltaica en diferentes fases en el municipio, hasta cubrir el 100% de la demanda energética del mismo. De esta manera, se pretende posibilitar la participación en la CEL a la totalidad de la población del municipio y que todas las familias dispongan de un porcentaje de autoconsumo renovable en sus viviendas. El tipo de instalaciones que podrán pertenecer a la CEL son:

- Instalaciones sobre cubiertas municipales públicas. (8 a 100 kW)
- Instalaciones sobre cubiertas residenciales en viviendas unifamiliares. (2 a 5kW)
- Instalaciones sobre cubiertas residenciales en edificios. (5 a 20 kW)
- Instalaciones sobre cubiertas pertenecientes a pymes (5 a 50 kW)

Se potenciará que las instalaciones sean de autoconsumo colectivo de proximidad, de forma que, y según la legislación vigente, se pueda compartir la energía generada en radios de 2 km. De esta forma, la energía generada en las cubiertas podrá ser disfrutada por los vecinos de alrededor, dispongan o no, de una instalación en su tejado.

Mediante aplicaciones informáticas que han diseñadas con tal efecto, se podrá establecer el flujo de energía, que tenga en cuenta la producción y el consumo totales de cada integrante de la comunidad, además del flujo global de la comunidad en cada momento.

### **4.3 Actividades**

La CEL quiere desarrollar las siguientes actividades, con el fin de mejorar el modelo energético de sus integrantes, utilizando los excedentes y la infraestructura mencionada para mejorar también la calidad de vida en el Municipio. Las actividades con tales fines son:

#### **A1.- Generación renovable fotovoltaica para autoconsumo**

Una de las principales actividades de la comunidad energética será la generación de energía renovable a través de plantas fotovoltaicas para autoconsumo en el municipio

#### **A2. Movilidad sostenible**

La red de transporte público en Valdepiélagos es muy escasa. Para paliar esta situación y evitar que la única alternativa sea el uso de vehículos particulares, la CEL pondrá en marcha un sistema de vehículos eléctricos compartidos Incluso en la Comunidad de Valdepiélagos, dado las limitadas conexiones que hay entre el municipio y Madrid en transporte público, se adquirió un coche eléctrico, que se explota en modalidad de carsharing entre los integrantes del pueblo., con un esquema de funcionamiento que replique el de las cooperativas de movilidad compartida (Som Movilitat, Alterna Coop. En Madrid existe ConectaMovel).

También se instalará un punto de recarga de uso público que permita la carga de vehículos eléctricos de socios y no socios de la CE, promoviendo el uso de movilidad eléctrica en el municipio.

#### **A3. Desarrollo de software**

Es imprescindible disponer de información para poder gestionar adecuadamente la energía, para lograr la pedagogía energética que pretende la CEL y para poder gestionar de la manera más eficiente las acciones y actividades.

Para ello se han instalado elementos de medición y control en los hogares autoconsumidores, acompañado de una plataforma de gestión que permite conocer los consumos y optimizarlos, así como obtener otras informaciones relevantes de la CEL que permiten su mejor gestión y evolución.

#### **Otras actividades**

---

Con el objetivo de fomentar la cultura asociativa y profundizar en los objetivos y valores de la asociación. La asociación ha ocupado ocupar el centro de la estrategia del municipio en transición energética y ecológica, con actividades como las siguientes:

- Organización de jornadas formativas y de debate.
- Integración en redes de fomento de la transición ecológica y energética.
- Creación de una oficina de la energía, donde resolver dudas de vecinos en materia energética.
- Colaboración con grupos de investigación. Laboratorio de experiencias en transición energética y ecológica.
- Apoyo al desarrollo de iniciativas similares en municipios circundantes.
- Grupos de consumo ecológico y de cercanía.
- Fomento de la economía y las finanzas éticas. Economía social y solidaria.

---

#### **4.4 Planificación**

El proceso de desarrollo de la comunidad energética sigue en marcha y consta de las siguientes fases:

##### **Fase 1: Constitución de la CEL. Ya acometida**

Esta fase se ejecutó durante el 2020 al 2022, realizando el diseño y la constitución de la comunidad energética de Valdepiélagos, a la que pertenecerá el propio Ayuntamiento, vecinos y empresas u organizaciones del municipio.

Se dispone del diseño jurídico y normativo de la comunidad energética, el diseño de la gestión y forma de funcionamiento de esta. Actualmente se está desarrollando la difusión de esta y la comunicación para presentar al proyecto y que todas las personas interesadas puedan sumarse al mismo.

Las actividades desarrolladas han sido:

- Análisis y diseño de la forma jurídica de la CE.
- Elaboración de estatutos y régimen de funcionamiento.
- Constitución y registro de la CE.
- Gestión, acompañamiento y formación a la junta directiva de la CE y el grupo motor.
- Comunicación, diseño de campaña y materiales de comunicación para transmitir el proyecto a los y las vecinas y lograr su implicación.
- Participación ciudadana, acompañamiento, pedagogía y cultura energética

##### **Fase 2. Proyecto CE Implementa. Ayudas solicitadas y en Proceso de Implementación.**

###### **A1. Generación renovable.**

Instalación generadora fotovoltaica de 100 kW sobre cubierta municipal. Se acometieron las obras de la primera instalación fotovoltaica comunitaria, que está ubicada sobre la cubierta de las pistas deportivas, de propiedad municipal. Pudiendo así ofrecer energía a las instalaciones deportivas y

---

energía a los vecinos ubicados en un radio de 2 km, en autoconsumo colectivo de proximidad. La instalación tendrá una potencia nominal de 100 kW y una potencia pico de 124 kWp. Generará unos 150.000 kWh al año, con un 75% de energía auto consumida.

En esta fase se han realizado también instalaciones de menor potencia sobre cubiertas particulares, pertenecientes a viviendas y hogares particulares, así como a cubiertas municipales, promoviendo desde la CE la autogeneración fotovoltaica y el autoconsumo colectivo.

#### A2. Movilidad eléctrica. (Adquisición del vehículo acometida )

Se ha llevado a cabo la adquisición de un vehículo eléctrico y se ha puesto en marcha una plataforma para uso y gestión de vehículo eléctrico compartido, a través de cooperativa.

Siendo el vehículo, acompañado de la instalación de puntos de recarga de vehículo eléctrico. Establecimiento de la plataforma para uso compartido del cargador entre los asociados a la CE u otros usuarios.

Los puntos de recarga instalados y aquellos por instalar han de disponer de al menos, de conector tipo 2 según IEC 62.196-2, o conector CCS2- Combo 2, según IEC 62196, con compatibilidad con modo 3 o modo 4 y con medida de energía integrada.

En consecuencia, se ha proporcionado la posibilidad de recarga puntual a los usuarios de vehículos eléctricos, sin necesidad de que medie contrato con el operador del punto de recarga que se trate, facilitando el servicio de recarga a disposición de los usuarios interesados de una forma abierta, transparente y no discriminatoria. Teniendo una interfaz de conexión que permite plena conectividad, medida de la potencia y energía transferida y módulo de comunicación. Cuenta también con un sistema de recarga inteligente que permita la monitorización de la energía eléctrica consumida, y accesible a través de dispositivo móvil o web.

Además, se plantea una integración en gestor de carga tipo Electromaps o similar, para posibilitar la carga de terceros. Esto permitirá tener una aplicación móvil con un método de prepago y la facturación asociada. También posibilita tener una plataforma de gestión para tener la información de uso del punto de recarga, como la facturación, consumo de electricidad, últimas sesiones de recarga, estado de los puntos de recarga, incidencias o ahorro de CO2 logrado. El contrato de suministro de electricidad estará a nombre de la asociación. Los socios se coordinan a través de una aplicación para repartirse el tiempo de carga y esa misma aplicación determina el consumo individual de cada socio. Este cargador está en principio reservado para el vehículo eléctrico compartido, pero abierto a su uso como cargador rápido para el resto de los miembros de la asociación o incluso terceros.

<b>Ubicación exacta</b>	Municipio de Valdepiélagos. calle de la Fuente, 4.
<b>Tipo de actuación</b>	Movilidad sostenible. Infraestructura de recarga
<b>Número de puntos de recarga</b>	1
<b>Potencia de la instalación</b>	Carga semirrápida. 22 kW
<b>Tipo de recarga</b>	Pública: para asociados a la CEL y otros usuarios.

### A3. Software y gestión de la demanda

Este paso conlleva la adquisición y establecimiento de la plataforma para poder visualizar y compartir la energía fotovoltaica generada, poniendo en marcha aplicaciones informáticas para establecer el flujo de energía que está generando o consumiendo cada participante.

### Fase 3. Medio plazo

---

En la fase 3, correspondiente al medio plazo, la comunidad energética de Valdepiélagos tiene previstas las siguientes actividades:

- Consolidación de la CEL como entidad sólida y con una base amplia de participantes.
- Desarrollo de otras actividades de generación de energía renovable en el municipio.
- Promoción de la eficiencia energética en los edificios y la realización de proyectos de rehabilitación energética.
- Ampliación de la plataforma de vehículos eléctricos, fomentando su uso y facilitando su carga.
- Implementación de estrategias de gestión de la demanda y participación activa en los mercados eléctricos.

#### **4.5 Resultados**

- Los resultados esperados una vez finalizado todo el desarrollo de la comunidad energética de Valdepiélagos son los siguientes:
- Instalación de sistemas de generación de energía fotovoltaica en los techos de edificios para promover el autoconsumo compartido de proximidad y la generación de energía renovable local.
- Fortalecimiento de los lazos comunitarios, la autogestión ciudadana y la soberanía energética en el municipio.
- Combate contra la pobreza energética en hogares vulnerables mediante la cesión o subvención del coste de la energía autoproducida.
- Mejora de la cultura energética de los residentes, fomentando la democratización de la energía y superando barreras de conocimiento sobre energía, autoconsumo y comunidades energéticas.
- Acceso de los participantes en la comunidad energética a un sistema de información que les permita conocer y optimizar sus flujos energéticos.
- Ahorro en los suministros eléctricos del ayuntamiento, lo que contribuirá a una mayor eficiencia en el uso del presupuesto municipal.
- Identificación de nuevas áreas de trabajo en el ámbito de la eficiencia energética y la movilidad sostenible dentro de la comunidad energética.
- Contribución a la lucha contra la despoblación rural, fomentando la fijación de población en municipios pequeños y en entornos rurales.
- Estímulo de la adquisición de vehículos eléctricos en el municipio mediante la mejora de la infraestructura de carga de vehículos eléctricos.

#### **4.6 Resumen del proyecto**

La constitución de la CEL en el municipio de Valdepiélagos, Madrid, tiene como objetivo principal el empoderamiento ciudadano y la gestión de energía renovable, a través de instalaciones sobre cubierta de autoconsumo compartido o de proximidad. La CEL estará formada por el Ayuntamiento de Valdepiélagos, vecinos, empresas y organizaciones del municipio.

Se basa en una forma participativa de todos los vecinos, que hace uso de los proyectos previos realizados en el pueblo además de la tradición de asociación y participación comunitaria, para producir y gestionar el reparto de la energía eléctrica producida y consumida de forma renovable, dentro del marco de su figura de Comunidad Energética, dando una importancia capital en todas las fases del proyecto a la creación de comunidad, pedagogía y culturización energética.

La principal actividad de la comunidad energética será la generación de energía renovable a través de plantas fotovoltaicas en el municipio. Esta energía será distribuida y compartida en el municipio. Se han instalado plantas de generación fotovoltaica de diferentes tamaños en los tejados más adecuados del municipio, sobre cubiertas municipales y privadas, cuya energía se compartirá entre los miembros de la CEL, previéndose la instalación de más infraestructura con el avance y desarrollo de la comunidad.

Mediante aplicaciones informáticas diseñadas al efecto, se puede establecer el flujo de energía que está generando o consumiendo cada participante, integrándose en un sistema de pagos de la inversión o de la energía que aseguran unos precios de energía más económicos que la energía de la red, fomentando la viabilidad presente y futura de la CEL.

Se ha adquirido un vehículo eléctrico para uso compartido entre los asociados y se dispone de un punto de recarga compartido.

#### 4.7 Instalaciones

En las siguientes tablas se pueden observar los detalles técnicos y capacidades productivas, de los elementos ubicados en varias localizaciones, a lo largo del municipio.

<b>Ubicación exacta</b>	Cubierta de las pistas municipales Referencia catastral de las pistas: 0525201VL6102N0001RR Dirección: CL EL RUBIAL 2, 28170 VALDEPIELAGOS (MADRID)
<b>Tipo de actuación</b>	Energías renovables eléctricas
<b>Potencia de la instalación de generación</b>	Nominal: 100 kW Pico: 123,9 kWp
<b>Energía anual estimada producida</b>	195.852 kWh/año
<b>Identificación de los puntos de consumo a los que se va a suministrar energía (CUPS)</b>	Serán CUPS de asociados a la CEL del municipio de Valdepiélagos, todavía no se tiene el detalle de todos los asociados.
<b>Potencia nominal de los módulos FV</b>	385 W

<b>Ubicación exacta</b>	Municipio de Valdepiélagos. Cubiertas residenciales. Cubierta municipal en nave pública del ayuntamiento
<b>Tipo de actuación</b>	Energías renovables eléctricas
<b>Potencia de la instalación de generación</b>	20 instalaciones

	Nominal: 3 kW Pico: 3,5 kWp
<b>Energía anual estimada producida</b>	5250 kWh/año
<b>Identificación de los puntos de consumo a los que se va a suministrar energía (CUPS)</b>	Serán CUPS de asociados a la CEL del municipio de Valdepiélagos, todavía no se tiene el detalle de todos los asociados.
<b>Potencia nominal de los módulos FV</b>	385 W – 465 W

Dada la diferencia de las capacidades productivas, cabe mencionar que coexistirán en la comunidad diferentes roles:

1. Socios autoconsumidores. Disponen de una instalación en su tejado y autoconsumen la energía generada
2. Socios productores. Disponen de una instalación en su tejado y venden el excedente de la energía generada a la comunidad energética
3. Socios consumidores. No disponen de una instalación en su tejado y compran energía a la comunidad energética
4. Otros socios. Terceros, los cuales formen parte de la CEL en otras actividades

#### **4.8 Multicomponentes y elementos innovadores**

La actuación está enmarcada en una visión global, buscando sinergias entre diferentes acciones multicomponente.

Valdepiélagos es un municipio de 614 habitantes situado en la zona noreste de la Comunidad de Madrid. Tiene una extensión de 17,60 km<sup>2</sup>. La práctica totalidad de la superficie de Valdepiélagos es zona de especial protección denominada ZEPA (Zona de Especial Protección de Aves). Este hecho dificulta la disponibilidad de suelo urbanizable, lo que limita el crecimiento demográfico y la actividad empresarial o industrial.

---

Tradicionalmente Valdepiélagos fue una localidad de actividad agrícola y ganadera. Actualmente el sector primario tiene poco peso en la actividad económica y son las actividades del tercer sector las que predominan. Las oportunidades de empleo dentro del municipio son escasas ya que los comercios y empresas son en su mayoría pequeños y de carácter familiar. Tiene un fuerte sentido comunitario y de pertenencia.

En 2023 han surgido nuevas oportunidades para alejar la amenaza de la despoblación gracias al despliegue de fibra óptica en el municipio y nuevas formas de teletrabajo.

Durante el año 2020, se realizaron cinco instalaciones de autoconsumo fotovoltaico de pequeña potencia sobre cubiertas de edificios municipales, significando una primera experiencia de éxito de implantación de autoconsumo en el municipio. Estas instalaciones han servido como ejemplo y escaparate del autoconsumo, animando a muchos vecinos a instalar paneles fotovoltaicos en sus propios hogares

En Valdepiélagos, el Ayuntamiento está impulsando el proyecto VALDEPIÉLAGOS INNOVADOR Y SOSTENIBLE (VALDIS), que tiene como objetivo crear las condiciones necesarias para un crecimiento socioeconómico equilibrado, sostenible e integrador, haciendo del municipio de Valdepiélagos un territorio rico y atractivo donde vivir y trabajar con mayor calidad de vida, luchando contra la despoblación del entorno rural en un municipio de 614 habitantes.

Para conseguir este objetivo tan amplio, las actuaciones que se proponen son varias, entre las que se incluye la creación de una comunidad energética en el municipio.

- Cambio de modelo energético: Creación de una comunidad energética
- Movilidad sostenible: Adquisición de coche eléctrico e instalación de puntos de recarga.
- Atención a las personas mayores: Construcción del Centro Cívico (Centro de Día para mayores)
- Atención a la infancia: Creación de una granja escuela y de un Aula de observación de la Naturaleza

- 
- Transformación social: Construcción de un Centro de innovación y Desarrollo (Centro de desarrollo de iniciativas de empleo, formación, y actividades artísticas y culturales)
  - Impulso a la bioeconomía: Compostaje comunitario. Ayudas a actividades económicas sostenibles.

Se ha constituido una comunidad energética bajo la forma jurídica de asociación, asegurando la participación abierta y voluntaria y efectivamente controlada por sus socios. El objetivo es el desarrollo de proyectos en torno a la energía, con la finalidad de obtener beneficios medioambientales o sociales en lugar de ganancias económicas. La asociación tiene una participación abierta, a la que se podrá unir cualquier persona física o jurídica que comparta los objetivos de esta. Cualquier socio podrá abandonar libremente la CE bajo su reglamento interno. El control efectivo de la asociación está en manos de todos sus miembros, no habiendo una situación de mayor peso o abuso por parte de ningún integrante. Se va a realizar tres proyectos piloto para dar contenido a la CEL: instalaciones de generación renovable a través de autoconsumo fotovoltaico compartido de proximidad, infraestructura compartida de recarga de vehículo eléctrico y el desarrollo de un software que permita la gestión de la comunidad, de los flujos energéticos y la gestión administrativa.

Se realizarán tres actuaciones de diferente naturaleza, dando la dimensión de proyecto multicomponente. Energía renovable, movilidad eléctrica y gestión de la demanda.

Las comunidades energéticas son iniciativas de reciente creación en España y en concreto en la Comunidad de Madrid hay pocas iniciativas en desarrollo, la mayoría de ellas en estados muy primarios de gestación. La Asociación CEL de Valdepiélagos es una de las comunidades pioneras, especialmente en la región este de Madrid, por lo que todos los desarrollos en modelo de negocio, gobernanza y diseño son sin duda pioneros. Esta comunidad puede ser un ejemplo en la región y en concreto un ejemplo en municipios pequeños e inmersos en números retos, como el demográfico.

#### **4. 9 Gestión de la demanda**

---

Con el fin de utilizar de manera óptima la instalación y lograr un verdadero empoderamiento ciudadano a través de la CEL, es imprescindible poner a disposición de los usuarios la información necesaria que les permita amoldar los consumos, permitiendo así la optimización de los consumos y el mayor aprovechamiento de los recursos eléctricos generados. Gracias al poder que otorga la información, unido con el incentivo de ahorro, es posible el cumplimiento de uno de los propósitos del proyecto: la participación ciudadana, permitiéndoles ser parte y centro de la comunidad, eléctrico, haciéndoles partícipes del sistema de producción.

El uso de la plataforma de gestión permite:

- Monitorizar la producción y el consumo de los puntos asociados.
  - a. Analizar la curva de consumo y dar consejos en función del uso real para optimizar los consumos energéticos y para desplazar los consumos a las horas de menor coste.
  - b. En función de los datos históricos y de la inteligencia y aprendizaje de la plataforma, predicción de futuros datos de consumo, de datos de producción y propuesta de mejoras.
  - c. En función de los consumos y de la tarifa eléctrica, propuesta de adaptación de la curva de consumos a las horas de mayor producción renovable o de menor coste de tarifa, para lograr el máximo ahorro.
  - d. Simula la factura eléctrica, permitiendo comparar la factura eléctrica de la comercializadora con el consumo real y pudiendo saber así si se está facturando correctamente.
  - e. Realizar una gestión comunitaria de la energía compartida.
  - f. Establecer escenarios futuros, como la funcionalidad de los coeficientes dinámicos de reparto.
- Control de la energía, y control automático de dispositivos consumidores de energía. Se puede programar el uso de dispositivos en función del consumo y de la producción instantánea. Ya sea una batería, termo eléctrico, electrodomésticos u otros.

- 
- Opción de formar parte del mercado de flexibilidad y poder agregar la demanda. La plataforma está preparada para realizar estas tareas, por lo que podrá activarse esta opción una vez la normativa en España lo permita.

Unido a la plataforma de gestión, como se ha visto en el desglose de los gastos, se ha de utilizar equipos de medida y hardware específico, para medir el flujo energético. Se ha de instalar al menos un medidor de producción en el inversor, que permitirá monitorizar en tiempo real la producción fotovoltaica de la instalación y se instalarán medidores de consumo en todos los puntos de consumo asociados al autoconsumo.

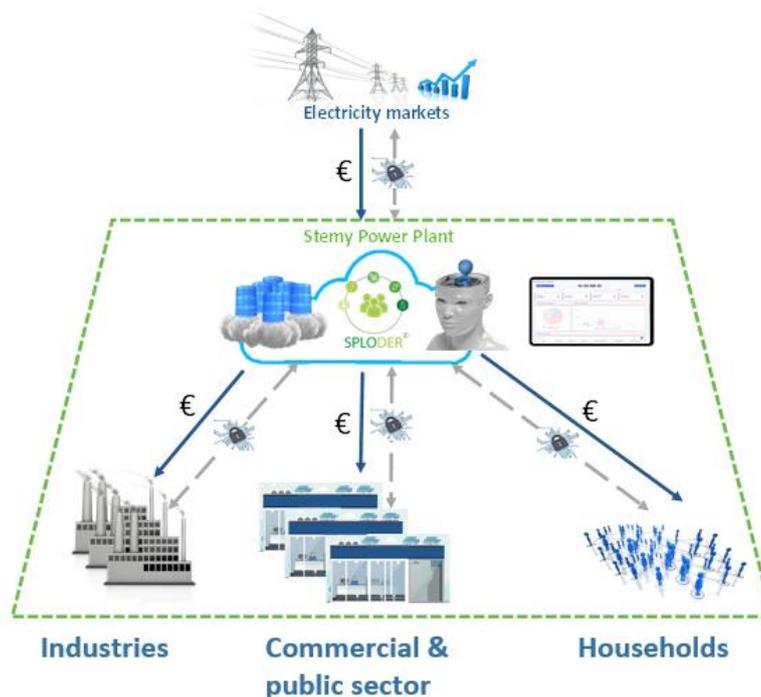
Los otros elementos complementarios recomendables, para obtener los datos necesarios y la capacidad de control descrita, son:

- Dispositivo de monitorización del consumo eléctrico en tiempo real.
- Dispositivo de acceso a medida de su contador.
- Dispositivo de control de baterías y paneles fotovoltaicos.
- Dispositivos específicos de control de otros elementos como electrodomésticos, radiadores, termos eléctricos, etc.

Por medio del uso de estos dispositivos, los usuarios podrán acceder de forma instantánea a sus datos de consumo, producción, potencia pico, consumo, ahorro en términos económicos referenciados a su tarifa de electricidad y en términos de emisiones de CO<sub>2</sub>. Además, el hardware en comunión con el software permite tomar las decisiones en función a criterios previamente determinados por el usuario. Así como el registro de históricos y análisis de futuros.

A este sistema, si un usuario lo desea, se le podrán añadir otros elementos de hardware que le permitirían controlar puntos de consumo internos. Así, el sistema podría actuar de forma automática cuando así se determine. Por ejemplo, activando grupos de presión o elementos de climatización, cuando haya excedentes de producción. Además, no solo servirá para el uso individual, sino también otorgará acceso a los gestores de la CEL, de forma que se puede tener información agregada de los usos de la instalación y de todos los puntos consumidores asociados.

El siguiente diagrama, representa la comunión de hardware y software, para el flujo eléctrico, de la energía producida en una comunidad energética.



4 Diagrama Conceptual de Flujo Eléctrico en una Comunidad Energética. Fuente: Ayuntamiento de Valdepiélagos.

Gracias a la información suministrada, la Comunidad Energética Local (CEL) de Valdepiélagos podrá conocer mejor la capacidad de ahorro y promover una educación activa entre la ciudadanía para lograr una optimización máxima en el uso de la energía y la producción solar de cada participante. Para ello, la Asociación CEL Valdepiélagos establecerá un programa de incentivos o puntos en forma de juego, que ayudará a los participantes a comprender mejor el funcionamiento de su sistema y su potencial.

El software utilizado en la plataforma de gestión de la CEL está diseñado para poder adaptarse a futuras mejoras en la normativa de repartos del autoconsumo colectivo, incluyendo los

---

coeficientes dinámicos o los coeficientes fijos horarios. Esto permitirá que la plataforma sea actualizada fácilmente una vez que se modifique la normativa española al respecto.

La plataforma de gestión de la CEL ha sido desarrollada y mantenida por una empresa proveedora con experiencia en el mercado anglosajón desde 2013. Ha demostrado su eficacia en la gestión de la venta y compra de energía, incluyendo la gestión de la demanda, flexibilización y agregación de esta. Por lo tanto, está preparada para iniciar estas tareas en cuanto la normativa española lo permita. En resumen, la plataforma de gestión de la CEL de Valdepiélagos será una herramienta valiosa para maximizar el ahorro energético, educar a los participantes y adaptarse a futuros cambios normativos, lo que contribuirá a fortalecer la comunidad y promover el uso sostenible de la energía solar.

#### **4. 10 Adaptación de software de gestión de datos y de la comunidad**

La adaptación de la plataforma de gestión de la comunidad energética permite recoger, comunicar y analizar los datos para optimizar el funcionamiento de la CEL y muy concretamente de las instalaciones generadoras de autoconsumo y el uso del vehículo eléctrico compartido.

La plataforma es un Sistema Operativo ya desarrollado y funcionando en Portugal y Brasil, diseñado específicamente para la creación y gestión de comunidades de energías renovables. Se trata de un sistema basado en la nube modular, interoperable y localizable que conecta los puntos entre la optimización detrás del medidor para los miembros de la comunidad y la resiliencia de la red e incluso la gestión de transacciones en el mercado energético. Permite que las CEL gestionen los flujos de energía y las transacciones financieras asociadas con la actividad de cada miembro, así como la CEL en su conjunto. La herramienta digital brinda visualización y transparencia no solo a los gestores, si no también a sus miembros. La plataforma va a ser adaptada al mercado español y a las características concretas de la Asociación CEL Valdepiélagos.

---

La plataforma está compuesta por varios módulos, siendo la columna vertebral el módulo K, proporcionando entre muchas características una aplicación basada en web que incluye los siguientes módulos principales:

- Mapas con los participantes de la CEL, generación agregada, consumo agregado, cargas flexibles, rankings, KPI personalizables e indicadores de desempeño,
- Registro de prosumidores, consumidores, con el detalle de los contratos individuales,
- Previsiones, generación real vs estimada, cargas reales vs estimadas, energía autoconsumida, energía asignada por participante o grupo de participantes y otros KPI personalizables,
- Generar y consultar informes de estado, documentos excel y pdf para resumen de actividad, benchmark de desempeño, entre otros,
- Representar las transacciones de energía dentro de la comunidad (desde plantas generadoras, sistemas de almacenamiento de energía y prosumidores hasta consumidores: todas las transacciones),
- Representar la asignación de beneficios financieros para cada miembro y el total de la CEL.

Cabe destacar que la plataforma de software requerirá datos de medición, que puede obtener desde:

- La API de los inversores de generación fotovoltaica.
- Dispositivos de campo implementados por empresas de terceros que hacen que los datos estén disponibles a través de Internet,

La aplicación se va a adaptar a este caso concreto, ya que es totalmente configurable, para brindar la información más pertinente en el proyecto, incluidos consejos de energía y otro tipo de mensajes de participación que decidan los integrantes de la CEL.

#### **4.11 Presupuesto**

A continuación, se presenta un desglose de las compras que se han llevado a cabo, tanto como de aquellas que se necesitarán, siendo estos de cantidades orientativas, con el fin de servir como referencia económica y desglose de gastos, para la implementación de otras Comunidades Energéticas.

<b><u>Coste elegible total</u></b>	<b><u>Presupuesto subvencionable</u></b>	<b><u>Ayuda solicitada</u></b>	<b><u>Reducción sobre la ayuda máxima:</u></b>
331.000 €	285.880 €	146.000 €	0,55%

A continuación, se pueden ver desgloses de los costes en función de varios criterios.

#### **Desglose por área**

ÁREA DE ACTUACIÓN €	COSTE ELEGIBLE, CE	COSTE SUBVENCIONABLE, CS	AYUDA MÁXIMA	AYUDA SOLICITADA
<b>I. EERR ELÉCTRICAS</b>		183.880		
	229.000		110.328	110.328
IV. MOVILIDAD. VEHÍCULOS		45.000		
	45.000		4.000	4.000
IV. MOVILIDAD. INFRAESTRUCTURA PÚBLICA		11.000		
	11.000		6.600	6.600
V. GESTIÓN DEMANDA		36.000		
	36.000		20.249	19.447
DGP		10.000		
	10.000		5.625	5.625
<b>TOTAL</b>		<b>285.880</b>		
	<b>331.000</b>		<b>146.802</b>	<b>146.000</b>

### Desglose de costes subvencionables por actuación

	Actuación	Área de actuación	Coste elegible, Ce (€)	Coste subvencionable, Cs (€)
MÉTODO	Instalación Fotovoltaica	I. EERR eléctricas	124.000	109.120
	Instalación Fotovoltaica	I. EERR eléctricas	105.000	74.760
M. CÁLCULO TIPO 2	Infraestructura de recarga pública de vehículos de bajas o cero emisiones	IV. Movilidad. Infraestructura pública	11.000	11.000
	Equipos de medición, regulación y control	V. Gestión demanda	16.000	16.000
	Desarrollo o compra de software	V. Gestión demanda	20.000	20.000
VEHÍCUL	Adquisición de vehículos eléctricos «enchufables» y de pila de combustible	IV. Movilidad. Vehículos	45.000	45.000
DGP	Desarrollo general del proyecto (DGP)	DGP	10.000	10.000
<b>Total</b>			<b>331.000</b>	<b>285.880</b>

### Plan de negocio

El proyecto tiene un coste de inversión y un coste de explotación o mantenimiento o gestión de la CEL y sus actividades e infraestructuras.

### Costes de inversión

El presupuesto de inversión sin IVA es el siguiente:

PRESUPUESTO INVERSIÓN	UNIDADES	KWP	€/UD	€
INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO COLECTIVO	1	124	1000	124.000 €

<b>INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO RESIDENCIAL</b>	20	3,5	1500	105.000 €
<b>VEHÍCULO ELÉCTRICO</b>	1	1	45000	45.000 €
<b>PUNTO DE RECARGA</b>	1	1	11000	11.000 €
<b>EQUIPOS DE MEDIDA</b>	80	1	200	16.000 €
<b>DESARROLLO DE SOFTWARE</b>	1	1	20000	20.000 €
<b>GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	1	1	10000	10.000 €
<b>TOTAL</b>				<b>331.000 €</b>

Al tratarse de un tipo de inversión cuyas rentabilidades, son íntegramente recibidos por los integrantes de la Comunidad Energética, la financiación externa no es una opción, al no otorgar retornos atractivos para los inversores institucionales o particulares, ajenos a la comunidad energética. En consecuencia, a financiación es realizada mayoritariamente por los usuarios, el ayuntamiento como socio de la CEL y la ayuda obtenida en el CE implementa, pudiendo ser además beneficiado por ayudas gubernamentales o europeas como es el caso de los aprobados Fondos Next Generation.

La imputación de los costes a cada participante será la siguiente.

Se espera que haya 60 socios participantes en la instalación de autoconsumo colectivo de 124 kWp, a razón de 1,5 kWp por hogar.

El ayuntamiento participará en esta instalación con 34 kWp que supone un 27,4 % de la instalación.

Se espera que haya 20 socios participantes en instalaciones de autoconsumo residenciales en sus propios hogares, con una media de 3,5 kWp.

Se estima que haya al menos 80 socios de la CEL para usar los servicios de vehículo compartido y cargador eléctrico

El ayuntamiento se compromete a aportar un 40% de los fondos propios requeridos, así como a buscar otras fuentes de subvención posibles en otras convocatorias.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and*

*Scalability via Blockchain application*

El reparto de la inversión según los usuarios y la ayuda es el siguiente:

<b>PRESUPUESTO INVERSIÓN</b>	<b>CE IMPLEMENT A</b>	<b>PARTICIPANTE AC COLECTIVO</b>	<b>PARTICIPANTE AC RESIDENCIAL</b>	<b>AYTO</b>	<b>CEL</b>
<b>INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO COLECTIVO</b>	65.472 €	42.480 €	0	16.048 €	- €
<b>INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO RESIDENCIAL</b>	44.856€	0	60.144 €	0	- €
<b>VEHÍCULO ELÉCTRICO</b>	4.000 €	0	0	16.400 €	24.600 €
<b>PUNTO DE RECARGA</b>	6.600 €	0	0	1.760 €	2.640 €
<b>EQUIPOS DE MEDIDA</b>	8.960 €	5.280,00 €	1.760 €	0	- €
<b>DESARROLLO DE SOFTWARE</b>	11.200 €	0	0	3.520 €	5.280 €
<b>GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	5.600 €	0	0	1.760 €	2.640 €
<b>TOTAL</b>	<b>146.688 €</b>	<b>47.760 €</b>	<b>61.904 €</b>	<b>39.488 €</b>	<b>35.160 €</b>
<b>COSTE POR USUARIO</b>		<i>796,00 €</i>	<i>3.095,20 €</i>	<i>39.488 €</i>	<i>439,50 €</i>

Los ahorros obtenidos gracias al consumo de energía de las instalaciones de autoconsumo estimados por cada tipo de participante son los siguientes:

<b>AHORROS ESTIMADOS</b>	<b>% AUTOCONSUMO</b>	<b>AHORRO ESPERADO €/AÑO SIN IVA</b>
--------------------------	--------------------------	--

INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO COLECTIVO SOCIOS	54%	390,00 €
INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO COLECTIVO AYUNTAMIENTO	39%	7.200,00 €
INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO RESIDENCIAL SOCIOS	32%	660,00 €

Gracias a estos ahorros obtenidos, va a haber un flujo de caja positivo que permitirá el sostenimiento del proyecto y funcionamiento de la CEL en el futuro.

### **Costes de operación y gestión**

Formar parte de la asociación implica el pago de una pequeña cuota anual para cubrir los gastos corrientes de la entidad. El autoconsumo colectivo aquí propuesto implica, sin embargo, costes diferenciados que deben ser asumidos en exclusiva por aquellos que compartan la explotación de la planta. En concreto:

- Importe de la inversión inicial: los agentes consumidores pagarían una cuota extraordinaria por la parte proporcional del precio íntegro de la instalación, descontada la subvención. En caso de tener que adelantar el dinero de la subvención, éste quedaría registrado en una cuenta contable “Cuenta corriente con socios” que se restituiría en el momento de recibir el dinero.
- Factura anual a los miembros del consumo compartido por la parte proporcional de los gastos corrientes (seguro, mantenimiento preventivo y correctivo, seguro, etc.)

En el caso del vehículo de uso compartido y su cargador eléctrico, desde el punto de vista económico, la infraestructura compartida implicaría un esquema económico como el siguiente:

- Los usuarios deben asociarse a la CEL y pagar la cuota anual de 36,50€.
- Facturación de los consumos a los socios que utilicen el vehículo o recarguen sus propios vehículos a través de una plataforma como Electromaps.

- El precio por kWh (no por kilómetro) debe recoger el coste de la electricidad, la amortización del vehículo/punto de recarga, gastos financieros y gastos corrientes, así como una pequeña partida para cubrir los gastos generales de la asociación (entre ellos, la gestión administrativa de esta actividad)

Los costes estimados de la operación y mantenimiento son los siguientes:

PRESUPUESTO OPERACIÓN ANUAL	UD	KWP O MESES	€/UD	€ TOTAL
INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO COLECTIVO	1	124	8	992,00 €
INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO RESIDENCIAL	20	3,5	20	1.400,00 €
VEHÍCULO ELÉCTRICO	1	1	1500	1.200,00 €
PUNTO DE RECARGA	1	12	10	120,00 €
EQUIPOS DE MEDIDA	80	12	3	2.880,00 €
DESARROLLO DE SOFTWARE				- €
GESTIÓN DEL PROYECTO	80	1	20	1.600,00 €
<b>TOTAL</b>				<b>8.192,00 €</b>

Que serán costeados por los diferentes participantes de la siguiente manera

PRESUPUESTO ANUAL	OPERACIÓN	TOTAL	PARTICIPANTE AC COLECTIVO	PARTICIPANTE RESIDENCIAL	AYUNTAMIENTO	CELSO/A
INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO COLECTIVO	DE	992 €	720 €		272 €	
INSTALACIÓN DE AUTOCONSUMO RESIDENCIAL	DE	1.400 €		1.400 €		
VEHÍCULO ELÉCTRICO		1.200 €				1.200 €

<b>PUNTO DE RECARGA</b>	120 €				120 €
<b>EQUIPOS DE MEDIDA</b>	2.880 €	2.160 €	720 €		
<b>DESARROLLO DE SOFTWARE</b>	- €				
<b>GESTIÓN DEL PROYECTO</b>	1.600 €				1.600 €
<b>TOTAL</b>	<b>8.192 €</b>	<b>2.880 €</b>	<b>2.120 €</b>	<b>272 €</b>	<b>2.920 €</b>
<b>COSTE POR USUARIO</b>		<b>48,00 €</b>	<b>106,00 €</b>	<b>272,00 €</b>	<b>36,50 €</b>

Gracias a los ahorros obtenidos en la factura de la luz debido a la generación de autoconsumo, los usuarios pueden pagar la parte que les corresponda de mantenimiento y gestión de la CEL mantenimiento un flujo de caja positivo.

<b>AHORROS ESTIMADOS</b>	<b>%</b>	<b>AHORRO ESPERADO €/AÑO SIN IVA</b>	<b>COSTE Y MANTENIMIENTO</b>	<b>GESTIÓN</b>	<b>FLUJO DE CAJA</b>
Instalación de autoconsumo colectivo - socios	54%	390,00 €	48,00 €		342,00 €
Instalación de autoconsumo colectivo ayuntamiento	39%	7.200,00 €	272,00 €		6.928,00 €
Instalación de autoconsumo residencia socios	32%	660,00 €	106,00 €		554,00 €
Otros socios de la CEL	-	0	36,50 €		

Por lo tanto, con este flujo de caja de ingresos y costes calculados, la CEL es viable económicamente, permitiendo su sostenimiento económico en el tiempo.

#### **4.12 Formas de financiación**

La asociación en sus gastos corrientes básicos (gestoría, fundamentalmente) se financia con una cuota anual que están obligados a pagar todas aquellas personas y entidades que participen en sus actividades. Por su parte, la inversión asociada con una línea de actividad concreta se financia, de forma independiente, bien con cuotas extraordinarias, bien con préstamos privados (que se irán amortizando con los ingresos corrientes asociados a la actividad), en la parte que no se cubra con las subvenciones o los patrocinios que se puedan conseguir.

Para cubrir el coste de inversión se plantean las siguientes formas de financiación disponibles, con ello se cubrirá la realización de las actuaciones aquí planteadas: energías renovables, movilidad eléctrica y gestión de la demanda, así como otras actividades que se desarrollen.

- Subvenciones para la conformación, planificación, diseño y gestión de comunidades energéticas
  - o CE Planifica
  - o CE Diseña
  - o CE Implementa
- Subvenciones para instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo mediante otros programas de ayudas compatibles
  - o Municipales
  - o Particulares
  - o Para vehículos eléctricos
- Financiación bancaria
  - o A la comunidad energética
  - o A particulares asociados a la CEL

- 
- o Financiación ciudadana, a través de participaciones de las cuales se obtendría una cierta rentabilidad económica. Serían préstamos participativos o contratos de cuentas en participación entre los miembros de la asociación.
- Fondos propios de los asociados

### **Sostenibilidad y futuro de la instalación y mantenimiento**

Además de las ventajas sociales y medioambientales, la propuesta es también interesante a nivel económico. De esta manera, los vecinos de Valdepiélagos que se unan al proyecto, van a lograr precios más competitivos de las instalaciones fotovoltaicas y de la electricidad, así como del uso del vehículo móvil. Esto es gracias a:

- La subvención o subvenciones que se puedan conseguir gracias a encauzar el autoconsumo a través de la modalidad de CEL. Esta ventaja no es menor, ya que las subvenciones que reciben empresas y particulares tienen que tributar en IRPF /Impuesto sobre sociedades, mientras que están exentas en caso de ser encauzadas a través de la asociación.
- Economías de escala, esto es, que el coste por kW instalado sea más bajo que en instalaciones de menor tamaño, como sería el caso si dicha potencia se repartiera entre varias instalaciones individuales. El ahorro tiene que compensar el coste anual del canon.
- Economías de explotación: gracias a que son varios usuarios consumiendo simultáneamente y no uno solo, el reparto horario de la energía va a permitir un porcentaje mucho mayor de autoconsumo.
- Los participantes se liberan de tener que ocuparse directamente de la instalación, lo que sí sucede cuando se trata de autoconsumo individual. Una instalación fotovoltaica no suele dar mucho trabajo, pero hay que estar pendiente de las veces que salta el diferencial, la limpieza, el mantenimiento.

---

A lo largo de la vida de la instalación van a producirse cambios en el reparto de la energía, por varios posibles motivos, algunos ya comentados:

- Entrada de nuevos vecinos circundantes interesados.
- Salida de participantes, por ejemplo, porque tomen la decisión de montar su propia instalación de autoconsumo.
- Reparto dinámico de la energía tanto exante como expost. Desde la aprobación de la Orden TED 1247/2021 es posible el reparto de la electricidad de un autoconsumo colectivo hora a hora a lo largo del año. Por ejemplo, se puede comunicar a la distribuidora que, a un determinado vecino que se va de vacaciones en el mes de agosto, el porcentaje de participación sea cero en ese mes. Aún no se permite el reparto expost, una de las demandas históricas del sector, aquella que establece el reparto definitivo tras el consumo, realizando los ajustes correspondientes en la factura de la comercializadora.

Todos estos cambios en el reparto de la electricidad procedente de la instalación de autoconsumo requieren cambios en el reparto del coste inicial de la instalación que requieren unas reglas sencillas y transparentes de ajuste anual, a incluir en el reglamento de funcionamiento de la asociación. Y que serán gestionadas por la asociación.

---

#### **4. 13 Beneficios Sociales de la implementación.**

##### **Mejoras en actividades económicas**

El municipio de Valdepiélagos se va a ver beneficiado gracias al proyecto de la CEL, ya que las organizaciones y empresas del municipio reducirán el coste energético, pudiendo resultar en una ventaja competitiva. Además, permitirá el mayor confort de los vecinos, especialmente aquellos que teletrabajen en sus hogares. De esta forma, la factura eléctrica también será menor, por lo que se verán beneficiadas sus respectivas actividades. Aportándoles igualmente un beneficio social gracias a la pertenencia de una comunidad arraigándose en el territorio. Del mismo modo, el uso de un vehículo compartido permitirá ahorros en combustible o la no necesidad de realizar la inversión en un vehículo para los asociados a la CEL.

Actualmente los socios de la Asociación Energética Local de Valdepiélagos son personas físicas, así como el Ayuntamiento. En Valdepiélagos existe una Asociación de Comerciantes y Empresarios en la que participan autónomos, comercios y varias PYMES con sede social en el municipio. Es seguro que, en un futuro, algunas de estos comerciantes y empresarios se unan a la Comunidad Energética tanto para abaratar sus facturas eléctricas como para contribuir en otro tipo de actividades.

Valdepiélagos se convertirá en un municipio pionero en la Comunidad de Madrid, donde todavía no existen muchas iniciativas de comunidades energéticas en marcha. Esto posibilitará ser conocido y puesto en valor, atrayendo visitantes, interesados, nuevos vecinos o nuevas empresas

##### **Cadena de valor**

Todas las actividades de la CEL apostarán por productos locales, entendiendo local como territorio nacional o comunitario, teniendo en cuenta la huella de carbono y origen de los

---

componentes en la elección de los suministros o proveedores, buscando el menor impacto en los sistemas.

Para las instalaciones fotovoltaicas, las estructuras serán de fabricación española, se procurará que los inversores y el cargador de vehículo sea de fabricación europea. El vehículo eléctrico se procurará que sea de marca española o fabricación en territorio nacional. El pequeño material eléctrico y otros será de fabricación española.

Para la ejecución de las instalaciones fotovoltaicas se contará con empresas locales, empresas instaladoras de la región de la Comunidad de Madrid, tratando de priorizar los más cercanos a Valdepiélagos. El mantenimiento se asegurará con empresas y electricistas del propio municipio o colindantes.

De esta forma, se obtiene una repercusión positiva en las actividades secundarias, durante la realización de las acciones del proyecto, así como en la vida de la CEL. Como en abastecimiento, infraestructura, actividades de apoyo de empresas especializadas en género, en dinamización o en comunidades energéticas, gestoría y asesoría, etc. Estas actividades se llevarán a cabo mediante recursos locales y regionales siempre que sea posible.

### **Impacto en el empleo**

Se espera la creación de los siguientes puestos de trabajo directos:

- Temporal, técnicos, ingenieros: 9
- Indefinido a tiempo parcial, gestión de la CEL y dinamización: 1
- Indefinido a tiempo parcial, técnico de mantenimiento de las infraestructuras: 1
- Técnico del Ayuntamiento de Valdepiélagos, tiempo parcial: 1
- Acompañamiento a la CEL por organizaciones especializadas en la gestión, dinamización o diseño de comunidades energéticas. Técnico experto a tiempo parcial:

---

Todos los puestos serán en ámbito local y regional. Se buscará el equilibrio y el acceso igualitario a los nuevos puestos de trabajo creados para las mujeres u otros colectivos vulnerables.

Existe posibilidades reales de empleo basado en el mantenimiento de las instalaciones que promueve la Asociación, así como en las actividades relacionadas con la formación y la difusión de la Comunidad Energética. Además, el desarrollo de la CEL traerá consigo puestos de trabajo indirectos, tanto para entidades colaboradoras, como en los proveedores de tecnología, empresas de instalación y derivados de estas actividades.

### **Impacto social y de género**

Es uno de los objetivos primordiales de la CEL que tenga un impacto social positivo en el municipio, posibilitando que sea un catalizador de creación de comunidad y de mejora de convivencia y que sea también un germen para otros proyectos comunitarios. A ese respecto, hay una vocación real por no dejar a nadie atrás, especialmente a los vecinos más vulnerables. Consideramos que para lograr una transición ecológica justa y democrática es imprescindible que las CEL se impulsen desde todos los estratos de la ciudadanía, especialmente aquellos más vulnerables o con menor poder adquisitivo. También se mantendrá de forma transversal una especial sensibilidad para incluir a otros colectivos vulnerables como las mujeres, personas migrantes, jóvenes o personas mayores.

El impacto social esperado del desarrollo del proyecto y de las actuaciones del CE implementa es el impulso de la ciudadanía para que se coloque en el centro del nuevo modelo energético, creando comunidad en torno a la energía, gracias a las actuaciones desarrolladas: instalación fotovoltaica de autoconsumo compartido, instalaciones de autoconsumo individual, cargadores de vehículo eléctrico o gestión de la demanda energética.

### **Consumidores vulnerables**

Se establecerán mecanismos para facilitar la adhesión a la CEL de los consumidores vulnerables y beneficiarios del bono social eléctrico o térmico, potenciando su participación en

---

las comisiones de trabajo en la medida de lo posible y con cuotas reducidas de adhesión a la asociación. Se reservará una cuota de participación en la instalación de autoconsumo fotovoltaico de proximidad para las familias en riesgo de empobrecimiento energético, cediendo así parte de la energía producida y contribuyendo a la disminución de la factura eléctrica de estas familias. Para ello se contará con la colaboración de los servicios sociales municipales para la identificación de personas y hogares vulnerables, estableciendo un mecanismo sencillo y ágil de acceso a esa “bolsa solidaria de energía”.

Desde la CE se organizarán talleres didácticos acerca del empobrecimiento energético, para acercar esa realidad a todos los vecinos del municipio.

El Ayuntamiento de Valdepiélagos, que es uno de los participantes en la Asociación CEL Valdepiélagos e impulsor del proyecto, forma también parte de la Cátedra Energía y Pobreza de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería ICAI. Universidad Pontificia Comillas. Pudiendo, por tanto, buscar sinergias con esta cátedra para lograr acciones con impacto real en la lucha contra el empobrecimiento energético<sup>x</sup>.

### **Igualdad de género**

Es un objetivo el lograr una participación equilibrada entre hombres y mujeres, tanto en los órganos de representación, como en los órganos ejecutivos o comisiones técnicas como entre los asociados y asociadas.

Actualmente la Junta Directiva está formada por 6 personas, de las cuales 3 son mujeres, entre ellas la presidencia y la secretaria, con una cuota de representación femenina del 50%. Para potenciar la participación real y efectiva de las mujeres se van a emprender las siguientes acciones:

- Aumentar la presencia de las mujeres en las asambleas y consultas, de esta forma se contribuye a incorporar distintos puntos de vista e intereses, permitiendo un mejor diseño e

---

implementación del proyecto y sus resultados. Igualmente, facilita el empoderamiento de la mujer, demostrando el valor de su contribución y fortaleciendo su posición en la comunidad y en su propio hogar.

- Potenciar la conformación de comisiones de trabajo paritarias.
- Realizar las asambleas, reuniones o actividades en horarios y lugares compatibles con las tareas que mayoritariamente realizan las mujeres, facilitando la conciliación y la flexibilidad. Permitir acudir con niños pequeños pudiendo habilitar algún espacio de cuidado para los menores.
- Hacer difusión del proyecto en lugares donde haya mayor afluencia de mujeres, como el mercado, escuelas o colegios, comercios específicos.
- En la realización de procesos participativos y de dinamización se contará con organizaciones expertas en género que aseguren la participación efectiva y real de las mujeres. Análisis de las causas de la falta de representatividad y búsqueda de soluciones.
- Dar visibilidad en las actividades, jornadas públicas y comunicación al rol de las mujeres. Búsqueda de mujeres inspiradoras para publicitar las acciones realizadas por la CEL.
- Talleres formativos específicos sobre cómo potenciar el rol de la mujer en los proyectos de la CEL.
- Asesoría social específica sobre género e igualdad de oportunidades entre hombres y mujeres.
- Segmentación de los datos obtenidos en la CEL de personas interesadas, de la participación en las actividades de difusión, de la participación en las actividades de asesoramiento o consultoría. Segmentación por género que permitan después hacer análisis específicos.

### **Reto demográfico**

El proyecto se desarrolla completamente en un municipio de reto demográfico, en Valdepiélagos, de la Comunidad de Madrid, municipio con menos de 5.000 habitantes.

---

Se espera un impacto positivo en la fijación de personas al territorio, con la creación de comunidad, el abaratamiento de la factura eléctrica, la posibilidad de carga de vehículos eléctricos y en general, la mejora en las condiciones de vida en el pueblo.

### **Impacto medioambiental y alineación con prioridades**

Con las actuaciones descritas en el proyecto, se contribuye a la transición energética renovable, justa y ciudadana, obteniendo la energía a través de fuentes renovables, en el punto de consumo, utilizando cubiertas existentes. Como resultado, se puede llegar a la eliminación de emisiones de CO<sub>2</sub>, desplazando del sistema energías más contaminantes.

Al plantear la instalación de paneles sobre cubierta en zonas urbanizadas no va a haber impacto ambiental.

En cuanto a nivel nacional, la implementación de la comunidad energética contribuye a la mejora del sistema eléctrico nacional, gracias a la generación de energía renovable se abaratará los costes del sistema y la energía del sistema, y mejorará las pérdidas en la red de transporte. También se contribuye al despliegue de energías renovables distribuidas.

Acercándose así, a las siguientes líneas directrices del plan de España, así como a la hoja de ruta del autoconsumo nacional o el plan integrado de energía y clima.

Transición ecológica, cohesión social y territorial. Políticas palanca:

- 1. Agenda urbana y rural y lucha contra la despoblación;
- 2. Infraestructuras y ecosistemas resilientes;
- 3. Transición energética justa e inclusiva;
- 8. Nueva economía de los cuidados y políticas de empleo;
- 9. Impulso de la industria de la cultura y el deporte.

Contribución a los componentes 2.- plan de rehabilitación de vivienda y regeneración urbana. Instalación de techos solares, mejora de la eficiencia de las viviendas, activación del sector de

---

las instalaciones, plan contra la España vaciada a través de la constitución de CEL en la España rural.

Componente 8.- Infraestructuras eléctricas y despliegue de la flexibilidad. A través del despliegue de redes distribuidas, gestión de la demanda, agregador independiente y nuevos modelos de negocio innovadores.

Componente 10.- Transición Justa, creando empleo y actividad en territorios afectados por la transición energética.

Componente 13.- Impulso a la pyme, dando oportunidades de trabajo en el sector de instaladores FV, e impulso de pequeñas empresas.

Componente 20.- Impulso a la Formación Profesional, en el objetivo de formación de instaladores eléctricos y empresas de inserción.

Componente 22.- Refuerzo de las políticas de inclusión, con la formación de empresas de inclusión de instaladores fotovoltaicos.

Lucha contra la despoblación en municipios de menos de 500 habitantes.

#### **4.14 Gobernanza y dinamización social**

Se ha diseñado proceso participativo para crear la comunidad energética, para que sea democrática y verdaderamente participada entre los integrantes de esta, los hogares del municipio, el Ayuntamiento y los integrantes que se quiere seguir involucrando, como la comunidad educativa del colegio y escuelas infantiles, pymes del municipio y otras organizaciones.

La Asociación CEL Valdepiélagos se ha apoyado en este proceso en Ecooo Energía Ciudadana, una cooperativa que lleva más de 17 años impulsando la transformación del modelo energético a uno más renovable y sobre todo desde la ciudadanía, por lo que cuentan con los conocimientos y la experiencia necesaria para acompañar estos procesos.

Para potenciar la participación de todos los vecinos de Valdepiélagos, se tendrá especial consideración a priorizar hogares en situación de vulnerabilidad energética, a hogares que no tengan la posibilidad de instalar sistemas de autoconsumos propios en sus cubiertas, y a que los usuarios del Bono Social no se vean penalizados por la participación en la CEL. También se establecerán estrategias para lograr la participación igualitaria de mujeres y de otros grupos vulnerables, como personas migrantes, jóvenes o personas mayores.

En este proceso se ha debatido y llegado a acuerdos sobre:

- Forma jurídica
- Procedimiento para establecer acuerdos
- Actores propios y del ecosistema de la CEL
- Formas de participación
- Coste de la participación
- Beneficios y obligaciones de los participantes
- Entradas y salidas de la CEL
- Objetivos de la CEL a corto plazo
- Objetivos de la CEL a largo plazo y horizonte de desarrollo y crecimiento



5 Logo de la Asociación de Valdepiélagos.

## **Gobernanza**

La filosofía del proyecto, que deriva de la propia filosofía que inspira las Comunidades Energéticas Locales, es la del fomento de la participación ciudadana; que las personas y las pequeñas empresas, de la mano, pero en plano de igualdad, con los entes locales, se autoorganicen de forma democrática para promover proyectos no mercantiles encaminados a la descarbonización del sistema energético.

El ayuntamiento de Valdepiélagos está muy implicado en el proyecto, siendo uno de los impulsores de este. Pertenece a la asociación en calidad de un asociado más. Su rol se limitará a proporcionar el impulso inicial a una iniciativa que debería avanzar de forma autónoma gracias al compromiso y el trabajo voluntario de la sociedad civil. Será un soporte esencial de la asociación a lo largo de su vida, con la cesión de espacios municipales para la organización de eventos, o para la futura oficina informativa; la concesión de alguna subvención nominativa; la cesión de espacios para la colocación de la instalación fotovoltaica o el punto de recarga; pero también, con la contratación directa de empresas que asesoren en el diseño de proyectos promovidos por la asociación.

La gobernanza y la organización básicas de la asociación se organizarán en torno a la asamblea de socios. Esta asamblea será el órgano soberano y se apoyará en la junta directiva como órgano ejecutor. La asamblea aprueba los proyectos y la junta, con el apoyo de grupos de trabajo/comisiones específicas, los pone en marcha y hace seguimiento a lo largo de toda la vida.

## **Dinamización social**

El proceso diseñado consta de diferentes fases.

### **Fase 1: Elaboración de la metodología**

---

Establecer el diseño y ejecución del proyecto, el seguimiento y evaluación. Con especial atención a la detección de barreras y potenciales conflictos. Proceso en continua evaluación, para que la metodología pueda ajustarse de forma flexible a la realidad que vaya aflorando durante el desarrollo del proyecto.

#### Fase 2: Creación del grupo motor

Creación del grupo motor de la CEL que actuarán como dinamizadores, impulsores y portavoces del grupo.

#### Fase 3: Constitución de la CEL como asociación

Se han realizado talleres con el grupo motor, las personas representantes del Ayuntamiento y familias que formarán parte de la CEL. Para la elaboración de los estatutos, determinación de forma participativa de los reglamentos, usos y disfrute de la organización. También para dar forma jurídica y realizar la inscripción formar de la Asociación en los registros correspondientes.

#### Fase 4: Comunicación y pedagogía sobre energía y autoconsumo.

Se está desarrollando una campaña de comunicación que permita a los vecinos del municipio entender los conceptos fundamentales del autoconsumo, los beneficios de la comunidad energética y de la transición ecológica.

Para ello, la JD está promoviendo la elaboración de una estrategia y plan de comunicación, con textos para distintos soportes comunicativos y materiales de comunicación informativos.

#### Fase 5: Presentación y difusión del proyecto.

Se han realizado varias jornadas de presentación del proyecto y de objetivos de la CE a toda la ciudadanía. En el marco del CE implementa se buscará la asociación de 20 familias que deseen instalar sistemas de autoconsumo fotovoltaico en sus viviendas a través de la CEL. Se han realizado y se continuarán organizando talleres y encuentros en para explicar de forma

---

pedagógica y participativa los aspectos más relevantes del proyecto y de los roles, objetivos, beneficios y obligaciones de pertenecer a la CEL. Así como de aspectos generales sobre la energía y el autoconsumo.

#### Fase 6: Talleres participativos, con las personas interesadas

Se realizarán talleres con el objetivo de realizar el proceso de co-creación y decisión de los aspectos clave de la CEL y poner en marcha las actuaciones aquí descritas.

Gracias a estos talleres dinamizados, y a la metodología de actividades y encuestas, se podrán determinar las familias que quieran unirse y que estén preparadas para hacerlo, si hubiera más que el cupo a cubrir pro la CEL.

#### Adecuación a las prioridades locales

Se adjunta informe del gobierno local del Ayuntamiento de Valdepiélagos, especificando su adecuación a las prioridades locales.

Se presenta a continuación un análisis DAFO del municipio de Valdepiélagos.

ANÁLISIS DAFO DEL MUNICIPIO VALDEPIÉLAGOS	
DEBILIDADES	FORTALEZAS
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de oportunidades de empleo.</li> <li>- Escasez de servicios / equipamiento</li> <li>- Escasez de transporte público.</li> <li>- Falta de nuevos terrenos urbanizables limitados por la ZEPA, que abarca la mayor parte del territorio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Localización: cercanía a Madrid y a Guadalajara.</li> <li>- Riqueza medioambiental y paisajística</li> <li>- Entorno natural adecuado para actividades de turismo rural (senderismo, cicloturismo,...)</li> <li>- Conexión a banda ancha (fibra óptica)</li> <li>- Calidad de vida.</li> </ul>
AMENAZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayor crecimiento y desarrollo en otros municipios de la Comarca que absorben las posibles inversiones en el municipio.</li> <li>- Acaparamiento de las subvenciones por parte de municipios mayores de la Comarca.</li> <li>- Éxodo de población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Llegada de nuevos pobladores desde la ciudad gracias a la posibilidad del teletrabajo</li> <li>- Demandas de la población estacional de servicios turísticos en municipios pequeños.</li> <li>- Desarrollo de una economía basada en los recursos endógenos (riqueza medioambiental, miel, etc)</li> <li>- Nuevos modelos de trabajo (teletrabajo, coworking, formación online)</li> <li>- Nuevos modelos energéticos</li> <li>- Participación ciudadana</li> <li>- Iniciativas culturales y artísticas</li> </ul>

6 Análisis DAFO del municipio, proporcionado por el Ayuntamiento de Valdepiélagos

El proyecto se alinea con la estrategia de desarrollo local denominada VALDIS (Valdepiélagos Innovador y Sostenible), la cual busca establecer las condiciones necesarias para un crecimiento socioeconómico equilibrado, sostenible, integrado e innovador. Esta estrategia se articula en torno a seis ejes, siendo los dos primeros los siguientes:

**Promover un cambio de modelo energético:** Se impulsa la creación de una comunidad energética local y se fomentan las instalaciones de energía fotovoltaica en todos los edificios municipales.

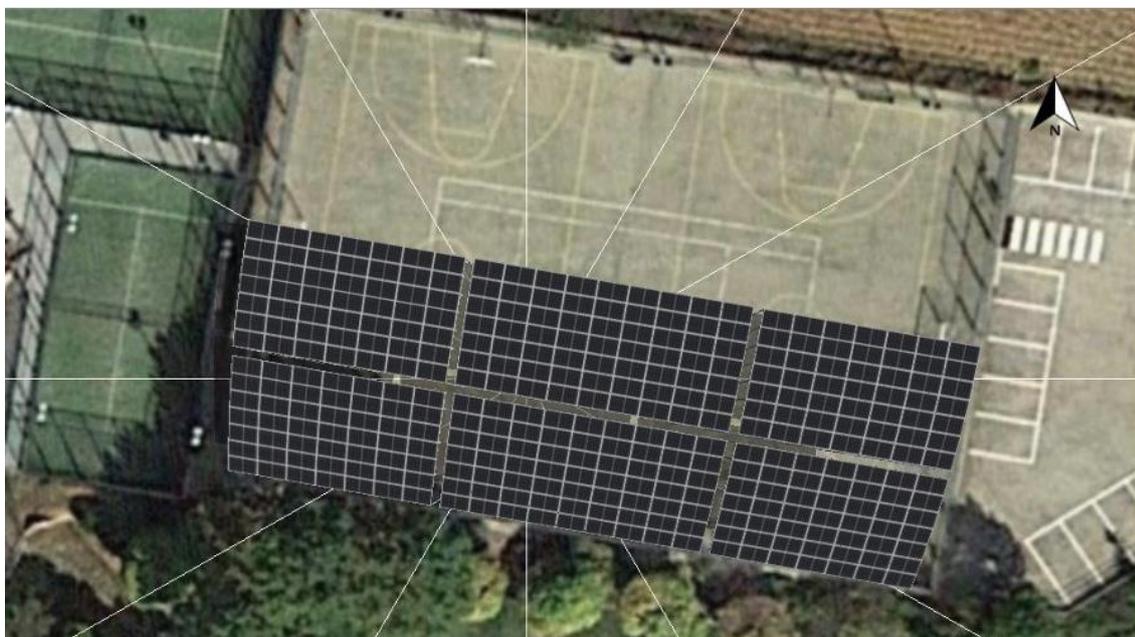
**Impulsar la movilidad sostenible:** Se adquieren vehículos eléctricos para los servicios municipales y se promueve la instalación de puntos de recarga en espacios públicos.

---

En este contexto, recientemente se ha constituido la Asociación Comunidad Energética Local de Valdepiélagos en el municipio. Esta asociación está impulsada e integrada, entre otros miembros, por el Ayuntamiento de Valdepiélagos. Su objetivo principal es la construcción, explotación y mantenimiento de instalaciones generadoras de energía renovable para el autoconsumo compartido, aprovechando los recursos renovables y fomentando la participación ciudadana en la producción de energía.

El Ayuntamiento de Valdepiélagos, en concordancia con sus competencias, tiene como propósito promover y apoyar las iniciativas sociales y medioambientales relacionadas con la transición energética. A solicitud de la Asociación Comunidad Energética Local de Valdepiélagos, actualmente está gestionando el expediente de concesión administrativa de cesión de uso en régimen de concesión demanial de la cubierta de la Pista Polideportiva Municipal, ubicada en el Polideportivo Municipal de Valdepiélagos. Esta concesión permitirá la instalación de módulos solares en dicha ubicación.

#### **4.15 Ejemplo de instalación ya acometida**



7 Instalación de paneles solares en cubierta del polideportivo municipal

#### **Datos del sistema**

Tipo de instalación	3D, Sistema FV conectado a la red con consumidores eléctricos
---------------------	---

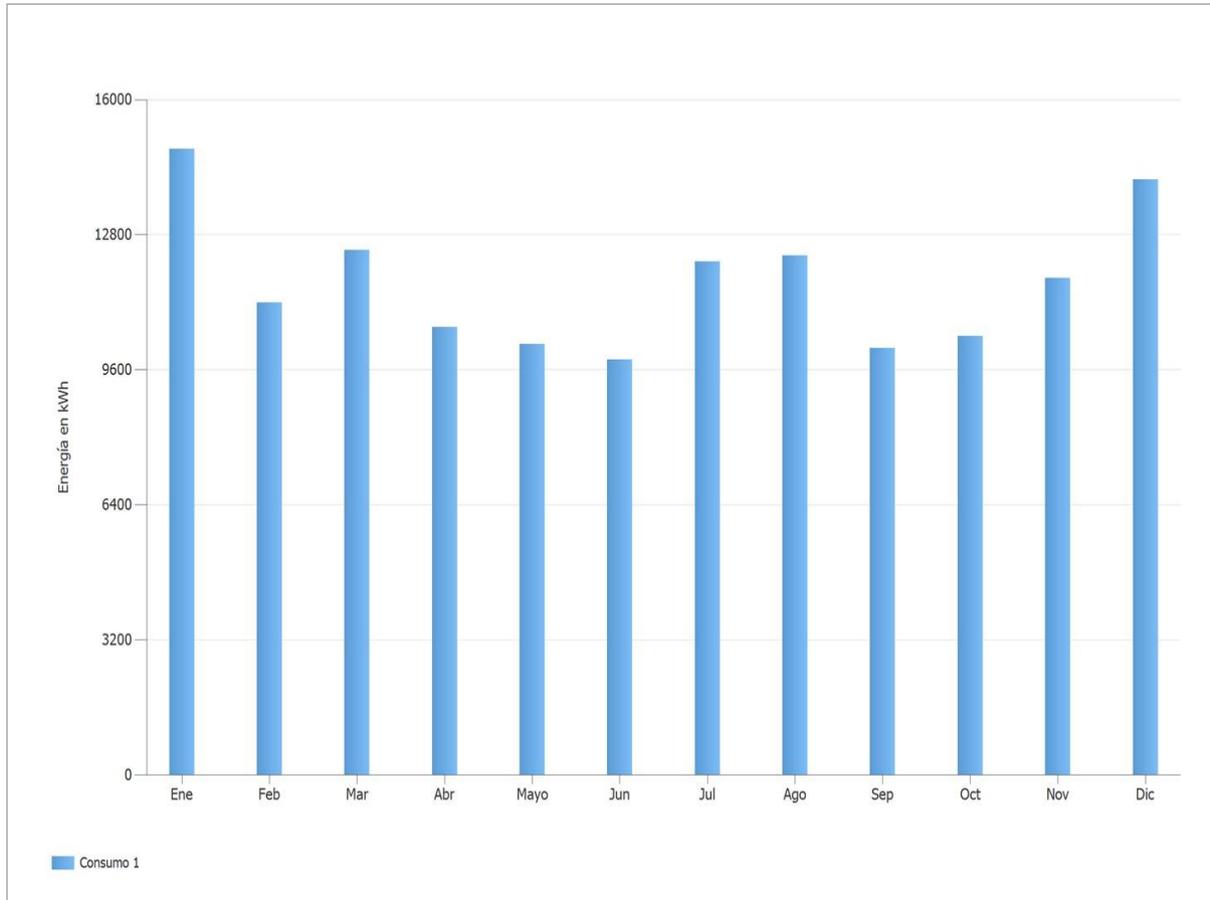
#### **Datos climáticos**

Ubicación	Valdepiélagos, ESP (1996 - 2015)
Fuente de los valores	Meteonorm 8.1(i)
Resolución de los datos	1 h
Modelos de simulación utilizados:	
- Radiación difusa sobre la horizontal	Hofmann
- Radiación sobre superficie inclinada	Hay & Davies

#### **Consumo**

Consumo total	140000 kWh
Perfil de carga CE VALDEPIELAGOS	140000 kWh
Pico de carga	27,8 kW





9 Consumo estimado en el Municipio de Valdepiélagos. Fuente: Valdepiélagos.

Datos climáticos	Valdepiélagos, ESP (1996 - 2015)
Fuente de los valores	Meteonorm 8.1(i)
Potencia generador FV	123,97 kWp
Superficie generador FV	599,2 m <sup>2</sup>
Número de módulos FV	322
Número de inversores	1

Pronóstico de rendimiento

Potencia generador FV	123,97 kWp
Rendimiento anual específico.	1.579,65 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	87,29 %
Reducción de rendimiento por sombreado	3,8 %/Año
Energía de generador FV (Red CA)	195.852 kWh/Año
Consumo propio	60.507 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	135.345 kWh/Año
Proporción de consumo propio	30,9 %
Emisiones de CO <sub>2</sub> evitadas	48.957 kg / año
Grado de autarquía	43,2 %
Tasa interna de retorno (TIR)	10,22 %
Duración amortización	9,2 Años
Duración amortización	9,2 Años
Costes de producción de energía	0,0504 €/kWh

Balance / Concepto de alimentación

Inyección del  
excedente en la red

- Radiación difusa sobre la horizontal

Hofmann

- Radiación sobre superficie inclinada

Hay & Davies

Consumo

Consumo total

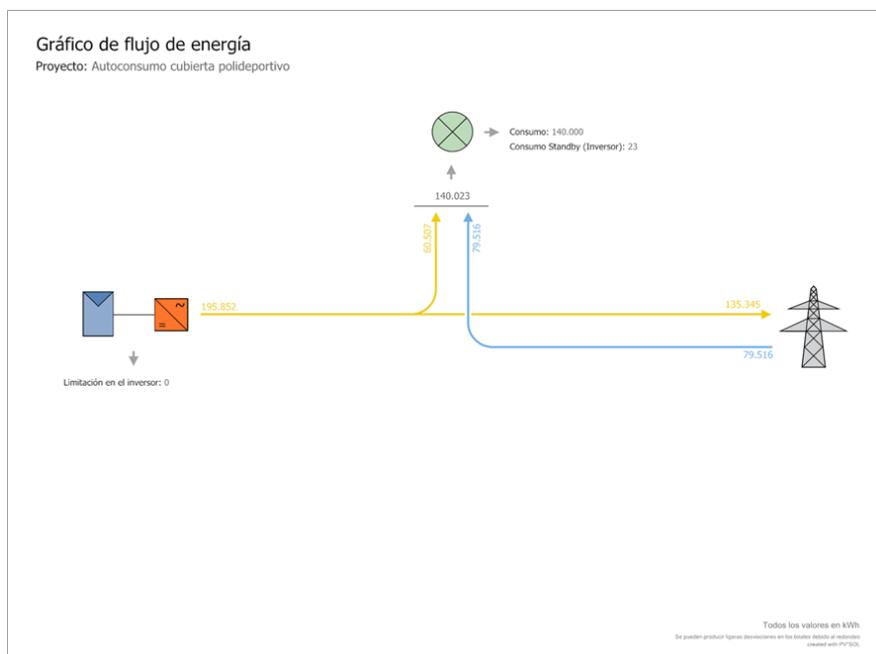
140000 kWh

Perfil de carga CE VALDEPIELAGOS

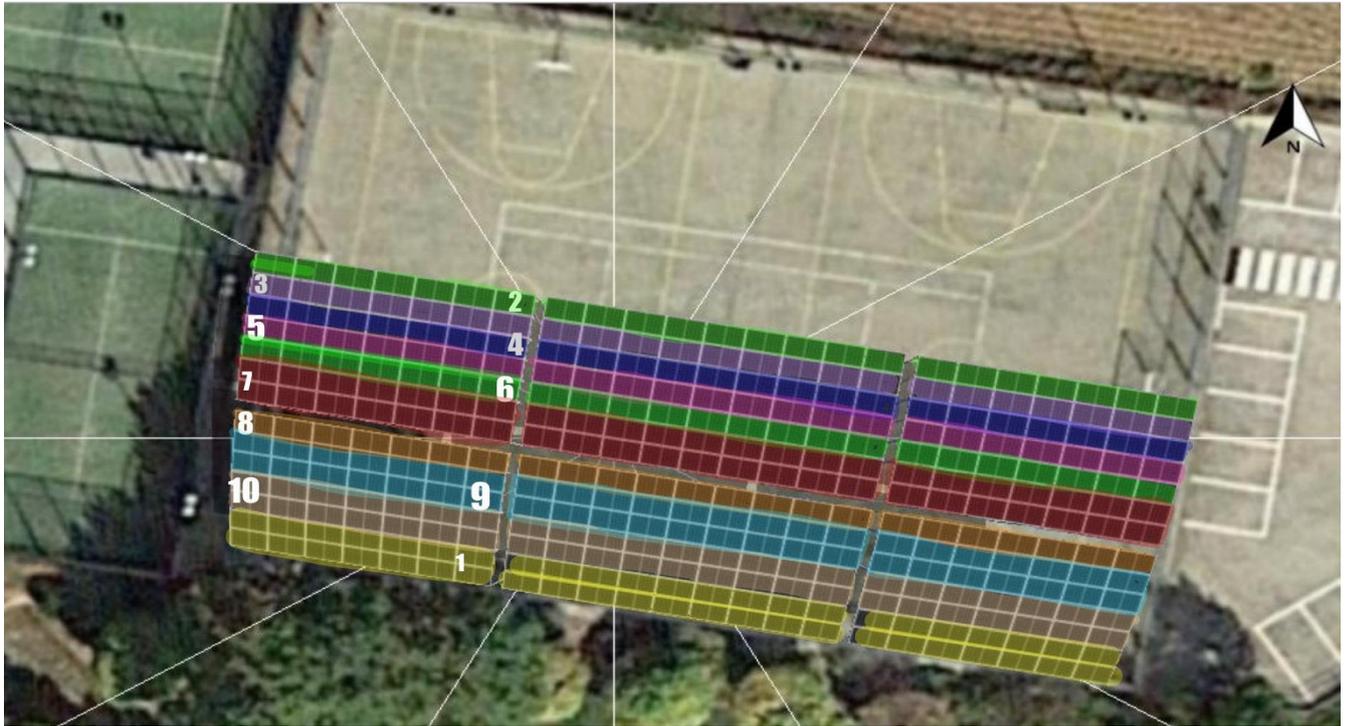
140000 kWh

Pico de carga

27,8 kW

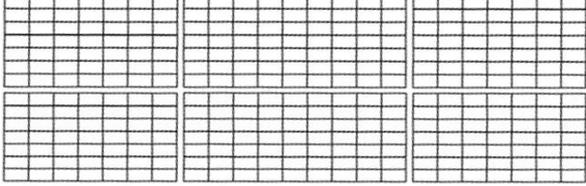


10 Flujo de energía de la instalación eléctrica. Fuente: Valdepiélagos/Ecoo



11 Situación de montaje de la instalación en el polideportivo. Fuente: Valdepiélagos. Editado.

<p>Plano de Líneas.</p>	 <p>12 Plano de líneas eléctricas</p>
-------------------------	---

Plano de Acotación.	 <p>13 Plano de acotación</p>
---------------------	---

Fuente: Valdepiélagos- Ecooo

Situación de montaje	Sobre soportes - superficie libre
Generador FV, 1,7,9,10. Superficie fotovoltaica - Superficie libre (Fragmento del mapa)-Superficie sur	
Nombre	Superficie libre (Fragmento del mapa)-Superficie sur
Módulos FV	23 x JAM60S20-385/MR (v6)
Fabricante	JA Solar Holdings Co., Ltd.
Inclinación	13 °
Orientación	Sur 190 °
Situación de montaje	Sobre soportes - superficie libre
Superficie generador FV	85,6 m <sup>2</sup>

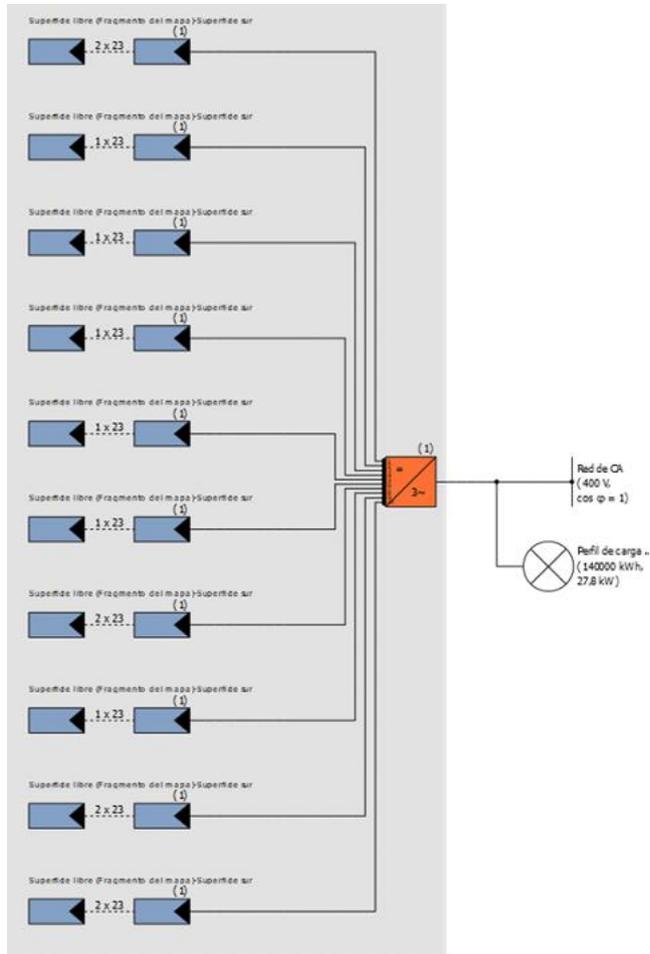
Generador FV, 2,3,4,5,6,8. Superficie fotovoltaica - Superficie libre (Fragmento del mapa)-Superficie sur

Nombre	Superficie libre (Fragmento del mapa)-Superficie sur
Módulos FV	23 x JAM60S20-385/MR (v6)
Fabricante	JA Solar Holdings Co., Ltd.
Inclinación	13 °
Orientación	Sur 190 °
Situación de montaje	Sobre soportes - superficie libre
Superficie generador FV	42,8 m <sup>2</sup>

El listado de piezas necesarias en la instalación es el siguiente:

Lista de piezas

#	Tipo	Fabricante	Nombre	Cantidad
1	Módulo FV	JA Solar Holdings Co., Ltd.	JAM60S20-385/MR	322
2	Inversor	Huawei Technologies	SUN2000-100KTL-M1	1 (400Vac)



14 Diagrama de bloques de la instalación. Fuente: Valdepiélagos-Ecooo

Leyenda

Nombre de la superficie modular	Superficie fotovoltaica	(1) Inversor	(1) Módulo PV
Quantidad a Líneas x b Módulos PV	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 46 Módulos PV, 17,71 kWp Orientación 190°, Inclinación 22°	(1) Inversor (1) 1x Huawei Technologies, SUN2000-100KTL-M1 (400Vdc), 110 kW	(1) Módulo PV (1) JA Solar Holdings Co., Ltd. JAM60SD0-385/MR, 385 Wp
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 23 Módulos PV, 8,86 kWp Orientación 190°, Inclinación 2°		
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 23 Módulos PV, 8,86 kWp Orientación 190°, Inclinación 4°		
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 23 Módulos PV, 8,86 kWp Orientación 190°, Inclinación 7°		
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 23 Módulos PV, 8,86 kWp Orientación 190°, Inclinación 8°		
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 46 Módulos PV, 17,71 kWp Orientación 190°, Inclinación 11°		
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 23 Módulos PV, 8,86 kWp Orientación 190°, Inclinación 13°		
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 46 Módulos PV, 17,71 kWp Orientación 190°, Inclinación 15°		
	Superficie libre (Fragmento del mapa) Superficie sur 46 Módulos PV, 17,71 kWp Orientación 190°, Inclinación 18°		

15 Leyenda del diagrama

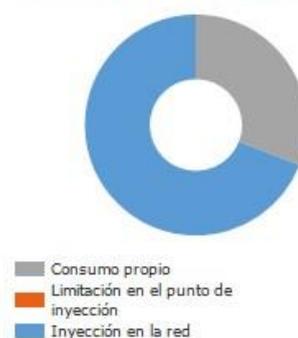
#### **4.16 Resultados de simulación acometida sobre la instalación.**

Con el fin de ilustrar los retornos esperados, en base a la instalación creada y a los datos meteorológicos y de consumo históricos, se obtienen los siguientes resultados.

##### **Instalación FV**

Potencia generador FV	123,97 kWp
Rendimiento anual espec.	1.579,65 kWh/kWp
Coefficiente de rendimiento de la instalación (PR)	87,29 %
Reducción de rendimiento por sombreado	3,8 %/Año
Energía de generador FV (Red CA)	195.852 kWh/Año
Consumo propio	60.507 kWh/Año
Limitación en el punto de inyección	0 kWh/Año
Inyección en la red	135.345 kWh/Año
Proporción de consumo propio	30,9 %
Emissiones de CO <sub>2</sub> evitadas	48.957 kg / año

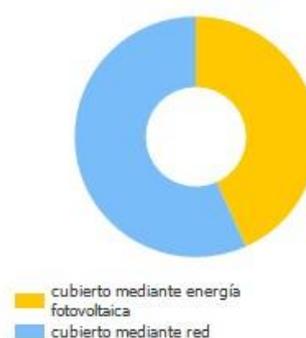
Energía de generador FV (Red CA)



##### **Consumidores**

Consumidores	140.000 kWh/Año
Consumo Standby (Inversor)	23 kWh/Año
Consumo total	140.023 kWh/Año
cubierto mediante energía fotovoltaica	60.507 kWh/Año
cubierto mediante red	79.516 kWh/Año
Fracción de cobertura solar	43,2 %

Consumo total



##### **Grado de autarquía**

Consumo total	140.023 kWh /Año
cubierto mediante red	79.516 kWh/Año
Grado de autarquía	43,2 %

Como se puede apreciar en la siguiente figura, el uso de la energía generada por medio de los generadores fotovoltaicos se usa no solo para limitar el consumo directo, sino también para inyectar a la red o a la bolsa de excedentes de la comunidad energética.

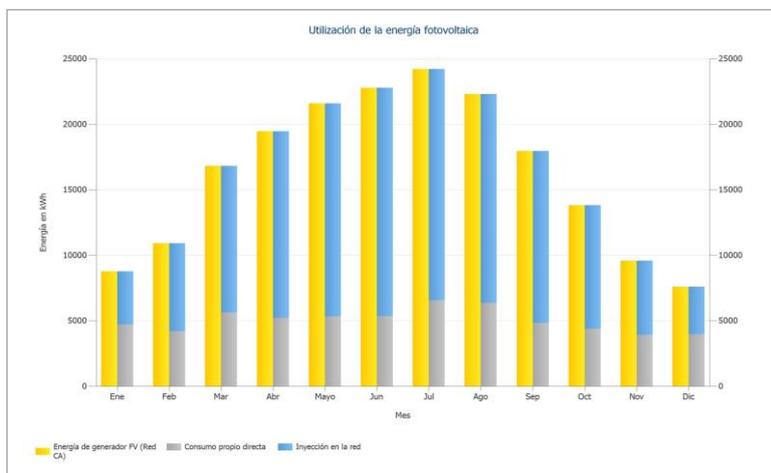
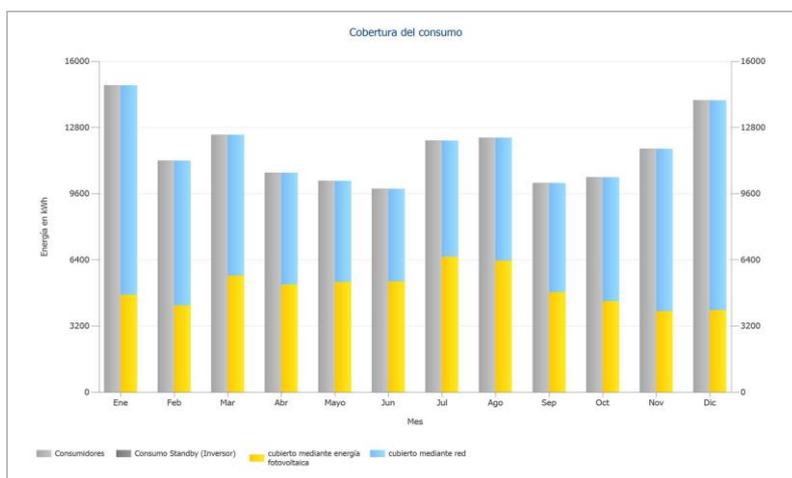


Figura: Utilización de la energía fotovoltaica. Fuente: CEL Valdepiélagos- Ecooo

Por último, por medio de simplemente esta instalación, sin tener en cuenta las demás que puedan ser acometidas en la CEL, se reduce la dependencia de la red, sustituyendo los kWh obtenidos de esta, por kWh de procedencia local y de carácter renovable.



Cobertura del consumo. Fuente: CEL Valdepiélagos – Ecooo.

# Capítulo 5. BLOCKCHAIN Y ESCALABILIDAD EN COMUNIDADES ENERGÉTICAS

## 5.1 Introducción a la tecnología Blockchain y unión con la comunidad energética.

El surgimiento de la tecnología blockchain ha revolucionado el campo de las tecnologías de la información y ha generado un profundo impacto en diversos sectores de la sociedad. Esta innovación se caracteriza por ser un sistema descentralizado de gestión de información que permite la creación de registros digitales seguros y confiables, conocidos como "bloques", que son enlazados de forma cronológica formando una cadena continua de información. La tecnología blockchain se fundamenta en principios criptográficos y de consenso distribuido, lo que la convierte en una herramienta altamente resistente a la manipulación y a la falsificación de datos. De manera que en ella se puede dejar constancia de la producción, consumo y cantidad de excedentes producidos por cada miembro de la comunidad energética, presentándonos una solución única para llevar toda la gestión de la comunidad energética en un solo entorno confiable, robusto y seguro.

Una de las principales ventajas de la tecnología blockchain radica en su capacidad para habilitar la gestión descentralizada de información y transacciones. A diferencia de los sistemas tradicionales, que dependen de una autoridad centralizada para verificar y validar las transacciones, la tecnología blockchain permite que dicha validación sea realizada por una red de nodos distribuidos de manera amplia y diversa. Esto implica que no existe una única entidad con el control absoluto sobre los datos, lo que reduce la posibilidad de manipulación, sabotaje o cibercrimen. Además de poder hacer partícipes a los integrantes de la comunidad, en la toma

---

de consenso acerca de los excedentes y otras decisiones que atañen el correcto desarrollo de la comunidad.

La gestión descentralizada habilitada por la tecnología blockchain tiene el potencial de transformar numerosos aspectos de la comunidad, desde las transacciones financieras hasta la administración de la cadena de suministro de la energía eléctrica, incluso prescindiendo de compañías distribuidoras si es que así se desea, dotando de la total gobernanza y soberanía en el consumo y la gestión de la energía a la comunidad. Al eliminar intermediarios y garantizar la transparencia y la confiabilidad de las transacciones, se abren nuevas posibilidades para la eficiencia y la automatización de procesos, así como para la creación de sistemas más justos e inclusivos, como por ejemplo permitir usar los excedentes producidos por los métodos de obtención de energía renovables de la comunidad en las familias que así lo necesiten, evitando cortes de luz en los hogares con bajos recursos, mitigando así los efectos de la pobreza energética.

En resumen, el surgimiento de la tecnología blockchain ha generado un cambio de paradigma en la forma en que se gestiona la información y se realizan transacciones, en las que en lo que en el ecosistema de la comunidad energética, podríamos incluir los kWh consumidos y producidos por los hogares, además de otras transacciones necesarias, como la contratación de los mantenimientos o trabajos de rehabilitación, si así se requieren, que podrán ser pagados con el uso de los excedentes propios de los participantes de la comunidad. Esta información resulta valiosa para el desarrollo de una comunidad energética más autónoma y rentable, tanto desde el punto de vista financiero como energético, al permitir un uso más eficiente de los recursos obtenidos de manera sostenible. En este sentido, la implementación de la tecnología blockchain en la gestión de una comunidad energética puede proporcionar numerosos beneficios a largo plazo en términos de sostenibilidad y eficiencia energética.

De forma que su capacidad para habilitar la gestión descentralizada ofrece la posibilidad de crear sistemas más seguros, transparentes y eficientes en diversos ámbitos. A medida que esta tecnología continúa evolucionando, es fundamental explorar su potencial y desafíos para maximizar sus beneficios y mitigar sus riesgos en beneficio de la sociedad en su conjunto.

## **5. 2 Situación actual del uso de la tecnología Blockchain en sistemas de producción y distribución eléctrica.**

Actualmente, a fecha de la realización de este trabajo, hay en funcionamiento proyectos que utilizan la tecnología Blockchain para un mejor y más justo uso del sistema eléctrico, entre ellos cabe resaltar el proyecto “Confía”.

El proyecto "Confía" representa una colaboración conjunta entre Endesa, una de las principales compañías eléctricas en España, y el Ayuntamiento de Málaga. Esta asociación estratégica tiene como objetivo implementar y gestionar de manera eficiente el bono social eléctrico en la ciudad de Málaga, utilizando la tecnología blockchain como base fundamental. Fue creado en el año 2018 como una respuesta a la necesidad de optimizar la asignación de recursos del bono social y garantizar un acceso equitativo a la energía a aquellos hogares en situación de vulnerabilidad económica en la ciudad de Málaga. Desde su implementación, ha logrado marcar un hito en el ámbito energético y se ha convertido en un referente en la aplicación de la tecnología blockchain para la gestión de políticas sociales.

El Ayuntamiento de Málaga, comprometido con el bienestar de sus ciudadanos y la promoción de políticas sociales, se sumó a esta iniciativa en busca de mejorar la eficiencia y transparencia en la asignación de recursos del bono social en su jurisdicción. La colaboración con Endesa, como expertos en el campo de la energía, ha permitido fusionar el conocimiento y la experiencia de ambas entidades para desarrollar un sistema innovador y efectivo.

El sistema implementado en el proyecto "Confía" utiliza la tecnología blockchain para asegurar la integridad y trazabilidad de los datos relacionados con el bono social eléctrico. La cadena de bloques garantiza la inmutabilidad de los registros, evitando la manipulación o alteración de la información. Asimismo, al ser un sistema descentralizado, se evita la dependencia de una entidad centralizada, lo que aumenta la transparencia y la confianza en el proceso de asignación.

---

Desde su entrada en vigor en 2019, el proyecto "Confía" ha beneficiado a cientos o incluso miles de hogares en la ciudad de Málaga. Estos hogares, que cumplen los requisitos para acceder al bono social, han obtenido una asistencia energética que les permite un acceso asequible a la energía eléctrica, mejorando su calidad de vida y reduciendo la brecha energética en la comunidad.

El sistema desarrollado en "Confía" permite a los beneficiarios acceder a una plataforma digital personalizada donde pueden consultar información actualizada sobre su situación y consumos energéticos. Esto brinda a los usuarios una mayor autonomía y conocimiento sobre el uso de su bono social, fomentando su participación en el programa. Además, el sistema envía notificaciones relevantes a los beneficiarios, como recordatorios de renovación o información sobre cambios en los criterios de elegibilidad.

En términos técnicos, el sistema utiliza algoritmos criptográficos y consenso distribuido para garantizar la seguridad y privacidad de los datos de los beneficiarios. La información registrada en la cadena de bloques es inalterable y solo accesible mediante claves criptográficas, asegurando la confidencialidad y evitando cualquier manipulación no autorizada. El proyecto "Confía" se apoya en la tecnología blockchain y utiliza la red Alastria como infraestructura principal. Alastria es una red blockchain española, basada en tecnología de registros distribuidos (DLT), que brinda un entorno seguro y colaborativo para la implementación de proyectos empresariales y sociales.

En el contexto del proyecto "Confía", la red Alastria desempeña un papel fundamental al proporcionar una plataforma confiable y escalable para la gestión descentralizada del bono social eléctrico. Esta red blockchain cuenta con una arquitectura de múltiples capas que garantiza la privacidad, seguridad y eficiencia en la ejecución de transacciones.

El funcionamiento conjunto de "Confía" y la red Alastria se basa en los principios de descentralización y consenso distribuido. Mediante el uso de algoritmos criptográficos y firmas digitales, se asegura la integridad de los datos almacenados en la cadena de bloques, evitando su alteración o manipulación no autorizada, para ello, el proyecto "Confía" utiliza contratos inteligentes que le permiten automatizar los

---

procesos relacionados con el bono social eléctrico. Estos contratos inteligentes son programas informáticos que se ejecutan automáticamente cuando se cumplen las condiciones preestablecidas. En el caso del bono social, los contratos inteligentes permiten verificar los criterios de elegibilidad de los beneficiarios y facilitan la asignación de recursos de manera transparente.

La red Alastria proporciona un entorno seguro para la ejecución de los contratos inteligentes, asegurando la privacidad de los datos de los usuarios y garantizando que las transacciones se registren de manera confiable y no puedan ser modificadas posteriormente. Además, la red Alastria ofrece funcionalidades avanzadas, como la identidad digital soberana, que permite a los beneficiarios tener un control total sobre sus datos personales y compartirlos de forma selectiva cuando sea necesario. Esto garantiza la privacidad y empodera a los usuarios al permitirles tener el control sobre su información.

Otro aspecto destacado del proyecto "Confía" y la red Alastria es su escalabilidad y capacidad de adaptación a futuras necesidades. Alastria es una red blockchain modular y flexible que puede integrar nuevos participantes y servicios a medida que el proyecto se expande o se requieren nuevas funcionalidades.

En conclusión, el proyecto "Confía" ha logrado destacarse como una iniciativa de mérito al utilizar tecnología de vanguardia, como la blockchain y los contratos inteligentes, para mejorar la vida de las personas. Al aprovechar la red Alastria, se ha implementado una solución tecnológica sólida y segura que ofrece transparencia, eficiencia y confiabilidad en la asignación de recursos del bono social eléctrico. Este enfoque ha permitido garantizar la privacidad y seguridad de los datos de los usuarios, al tiempo que se promueve la descentralización y el empoderamiento de los beneficiarios.

La implementación exitosa de "Confía" ha puesto de manifiesto el potencial transformador de la tecnología blockchain en la gestión de políticas sociales, en particular en el ámbito energético. Al establecer un sistema transparente y equitativo en la asignación de recursos energéticos y ayudas gubernamentales a las personas en riesgo de pobreza energética, se ha logrado mejorar significativamente la calidad de vida de los ciudadanos.

---

Este proyecto ha sentado las bases para futuras aplicaciones de la tecnología blockchain en el sector energético y social, demostrando que la adopción de soluciones tecnológicas innovadoras puede tener un impacto positivo y duradero en la sociedad. Además, resalta la importancia de la colaboración entre entidades públicas y privadas, como Endesa y el Ayuntamiento de Málaga, en la implementación exitosa de proyectos que buscan mejorar el bienestar de las personas y promover la inclusión social.

En resumen, el proyecto "Confía" ha demostrado cómo la combinación de la tecnología blockchain, los contratos inteligentes y la red Alastria puede proporcionar soluciones eficientes y seguras para abordar desafíos sociales, en este caso, garantizando un acceso equitativo a la energía a través del bono social eléctrico. Su éxito destaca el potencial de la tecnología de vanguardia para impulsar la transformación positiva y mejorar la calidad de vida de las personas, sentando así un precedente importante en la implementación de políticas sociales más eficientes y equitativas.

### **5. 3 Aplicación y uso de la Blockchain para gestión de información confidencial en el extranjero.**

En referencia al gobierno de los datos, es de especial importancia la seguridad y privacidad, tanto en su uso como en su almacenamiento. En lo que atañe a este trabajo sobre comunidades energéticas y su escalabilidad vía Blockchain, al tratar con los datos privados acerca de los hábitos de consumo eléctrico, domicilio y demás información que pueda figurar en los documentos usados para la gestión y administración de la comunidad energética. Es de especial importancia la correcta diligencia en el uso de la Blockchain, para proteger los datos privados de los participantes en la comunidad energética.

Es por ello, como caso de estudio de aplicación de vanguardia tecnológica del uso de la Blockchain, se ha tomado la implementación del uso de la Blockchain, para el almacenamiento de la información privada en el modelo de salud de Estonia.

El modelo de sanidad estonio ha sido ampliamente reconocido por su implementación innovadora de la tecnología blockchain en el sector de la salud. Desde su introducción en 2012, Estonia ha desarrollado un sistema de registros médicos electrónicos basado en blockchain conocido como "X-Road". Esta

---

iniciativa ha logrado mejorar significativamente la eficiencia, seguridad y accesibilidad de los registros médicos de los pacientes en el país.

El uso de la tecnología blockchain en el modelo de sanidad estonio ha permitido superar desafíos comunes en el ámbito de la gestión de registros médicos, como la falta de interoperabilidad entre diferentes sistemas y la preocupación por la seguridad y privacidad de los datos. Mediante la implementación de una infraestructura de cadena de bloques, Estonia ha creado un sistema de registros médicos electrónicos descentralizado, seguro y transparente.

Uno de los aspectos destacados del modelo estonio es la capacidad de los ciudadanos para acceder y controlar sus propios registros médicos a través de la blockchain. Cada ciudadano tiene una identidad digital única y segura que les permite acceder a su historial médico completo y compartirlo con los proveedores de atención médica de su elección. Esto fomenta la participación de los pacientes en su propio cuidado de la salud y promueve una mayor transparencia en el sistema de atención médica.

La implementación de la tecnología blockchain en el modelo de sanidad estonio ha enfrentado desafíos técnicos y de gobernanza. Uno de los problemas clave ha sido garantizar la interoperabilidad entre diferentes sistemas de información y proveedores de atención médica. Para abordar este desafío, se ha establecido un marco de estándares y protocolos comunes que permiten la integración fluida de los sistemas de información y facilitan el intercambio seguro de datos médicos entre diferentes entidades.

En términos de seguridad y privacidad, se han implementado medidas técnicas avanzadas. La tecnología blockchain utiliza algoritmos criptográficos para garantizar la confidencialidad y la integridad de los datos almacenados en la cadena de bloques. Además, los ciudadanos tienen el control sobre quién puede acceder a sus registros médicos y qué información específica se comparte, lo que protege su privacidad y empodera a los pacientes en la gestión de sus datos de salud.

La implementación exitosa del modelo de sanidad estonio ha posicionado a Estonia como líder en la aplicación de la tecnología blockchain en el sector de la salud. La adopción de esta tecnología ha demostrado su potencial para superar desafíos significativos en la gestión de registros médicos, como la falta de interoperabilidad y la preocupación por la seguridad de los datos. Además, la transparencia, eficiencia y descentralización inherentes a la tecnología blockchain la convierten en una herramienta prometedora para mejorar la calidad de la atención médica y empoderar a los pacientes.

---

La implementación del modelo de sanidad estonio ha demostrado los beneficios y las soluciones que la tecnología blockchain puede aportar al sector de la salud. La interoperabilidad mejorada, la seguridad de los datos y el control del paciente son algunos de los logros destacados de esta iniciativa. A medida que la tecnología blockchain continúa evolucionando, se espera que desempeñe un papel cada vez más importante en la gestión de registros médicos y en la transformación del sector de la salud en general. Sin embargo, también es importante tener en cuenta algunos desafíos y consideraciones adicionales. Entre los desafíos técnicos, se encuentra la escalabilidad de la blockchain para manejar un gran volumen de datos médicos y transacciones. A medida que el número de registros médicos y la demanda de acceso aumentan, es necesario garantizar una infraestructura blockchain robusta y eficiente que pueda manejar esta carga de manera efectiva.

Además, la adopción generalizada de la tecnología blockchain en el ámbito de la salud requiere una colaboración estrecha entre diferentes actores, incluidos proveedores de atención médica, autoridades gubernamentales y proveedores de tecnología. Es fundamental establecer estándares y marcos regulatorios claros para garantizar la interoperabilidad y la compatibilidad de los sistemas.

A pesar de estos desafíos, el modelo estonio destaca como un ejemplo inspirador de cómo la tecnología blockchain puede impulsar mejoras significativas en la gestión de registros médicos y la prestación de servicios de salud. La descentralización, la transparencia y la seguridad inherentes a la tecnología blockchain proporcionan una base sólida para abordar problemas persistentes en el ámbito de la salud, como la falta de interoperabilidad y la privacidad de los datos.

En conclusión, el uso de la tecnología blockchain en el modelo de sanidad estonio ha demostrado su valor en la gestión de registros médicos electrónicos. Mediante la creación de un sistema descentralizado y seguro, se ha mejorado la eficiencia, la interoperabilidad y la privacidad de los datos. Aunque existen desafíos técnicos y de gobernanza, el modelo estonio sienta las bases para futuras implementaciones de la tecnología blockchain en el sector de la salud, y destaca su potencial para mejorar la calidad de la atención médica y empoderar a los pacientes.

#### **5.4 Conclusiones de los casos de estudio para la escalabilidad de las comunidades energéticas.**

---

Gracias a la implementación de la tecnología Blockchain en el control de los datos e historiales médicos en el sistema de salud estonio, se les brinda capacidad a los ciudadanos para acceder y controlar sus propios registros médicos a través de la Blockchain, además de poder otorgar acceso cuando así se requiera a los profesionales de la salud.

Es por ello por lo que cada ciudadano tiene una identidad digital única y segura que les permite acceder a un historial médico y completo.

En el caso del proyecto “Confía” de Endesa, su uso de la red Blockchain puede

Este mismo concepto es el que este trabajo contempla para la aplicación en las comunidades energéticas, una identidad única para cada ciudadano, asociado a su hogar.

Lo que permite garantizar la interoperabilidad entre los diferentes sistemas de información, pertenecientes a los consumidores, empresas proveedoras y/o distribuidoras de energía eléctrica y autoridades gubernamentales y proveedores de la tecnología.

En conclusión, tomando las dos tecnologías y sus filosofías, se plantea como una solución de escalabilidad para las comunidades energéticas el desarrollo de una herramienta que haga uso de la tecnología API, ya existentes de los paneles solares y contadores energéticos, junto con el desarrollo de una red Blockchain que haga sencilla la complicada tarea de gestionar el suministro eléctrico de la Comunidad, que favorezca la transición energética al hacer más sencillo la gestión de ayudas gubernamentales, tanto directas para evitar cortes de luz en los hogares en riesgo de pobreza energética, como ayudas para la compra de equipos necesarios para el crecimiento de capacidad de producción de la propia Comunidad Energética. Siendo todo este sistema gestionado, con la huella digital única que emplea el sistema estonio de salud, dotando de privacidad, seguridad y confiabilidad a los datos, y también facilitando la correcta y rápida llegada de las ayudas, a la identificación única que así lo necesite como medida. Además, la creación de esta herramienta fomentaría de manera directa la gestión y participación en los sistemas de producción de energías renovables en los ciudadanos, ayudando a transicionar hacia un sistema eléctrico mayoritariamente compuesto por energías renovables, con un sistema de producción cercano a las zonas de consumo.

## **Capítulo 6. APORTACIÓN DE ESTE TRABAJO A LA ESCALABILIDAD DE LAS C.C.E.E.**

La implementación de la tecnología blockchain para la gestión de una comunidad energética se presenta como altamente beneficiosa debido a su naturaleza descentralizada y auditable. En primer lugar, el uso de esta tecnología permite la automatización de la gestión de consumos, tanto a nivel de la comunidad en su conjunto como a nivel individual para cada uno de los miembros. Asimismo, se obtienen datos históricos de diversas métricas que posibilitan la predicción de consumos futuros, demandas energéticas, excedentes resultantes, picos de utilización, rentabilidad y gestión de costos, entre otros aspectos relevantes.

Esta información resulta valiosa para el desarrollo de una comunidad energética más autónoma y rentable, tanto desde el punto de vista financiero como energético, al permitir un uso más eficiente de los recursos obtenidos de manera sostenible. En este sentido, la implementación de la tecnología blockchain en la gestión de una comunidad energética puede proporcionar numerosos beneficios a largo plazo en términos de sostenibilidad y eficiencia energética.

El desarrollo de una tecnología o herramienta que pudiera implementar una solución en un único ecosistema, completa y escalable, que gestione los datos de una manera similar a el tratamiento de los datos del sistema público estonio, que sea interconectable con otras plataformas como hace el proyecto confía, tanto privadas (Endesa) y públicas (Bono Social), queda fuera del alcance de este trabajo, al carecer completamente de medios físicos y materiales para su desarrollo.

---

No obstante, en este trabajo se ha llevado a cabo el desarrollo de una Blockchain sencilla, creada en Python, que permita a sus usuarios poder ver el histórico de sus ahorros, así como dejar grabados de forma inmutable e incorruptible su producción energética y sus consumos para la posteridad. De esta forma se puede ilustrar en un proyecto sencillo con fines académicos, pero que con los medios suficientes podría ser aplicable a una comunidad en funcionamiento, simplemente necesitaría ser acompañada del uso de API', que en este caso se podrá hacer uso de Tecnología específica para autoconsumo colectivo con excedentes, que ya está implementada por parte de empresas como Datadis<sup>xi</sup>, para leer los datos de los contadores. Abriendo así la posibilidad a muchas vías de desarrollo y escalabilidad, como ha sido anteriormente explicado en este trabajo.

La elección de crear una Blockchain propia en vez de desplegarla sobre una infraestructura como la red Alastria o cualquier otra infraestructura de carácter público ha sido por diversos factores que se expondrán a continuación.

En relación con la selección de la plataforma blockchain para la grabación de datos, a la fecha de la elaboración de este trabajo, la red ERC-20 de Ethereum<sup>xii</sup> es la más popular y comúnmente utilizada en la mayoría de los proyectos. Esto se debe al amplio ecosistema de aplicaciones descentralizadas (dApps) que posee, así como a las posibilidades y popularidad del lenguaje de programación Solidity y las herramientas disponibles que ofrecen a los desarrolladores, aportando un gran número de recursos para poder desarrollar aplicaciones en su propia Blockchain, que puedan ser gestionadas mediante el uso de los smartcontracts. Ethereum, con su token

Ether y su red ERC-20, se trata de una plataforma de uso público que cuenta con una capacidad de 13 transacciones por segundo y un protocolo de consenso PoW (Proof of Work)<sup>xiii</sup>, que requiere una serie de cálculos matemáticos para encontrar el hash correcto y añadir un nuevo bloque. Este proceso resulta costoso en términos computacionales y energéticos, lo que se traduce en altos costos (Gas Fees)<sup>xiv</sup> para grabar transacciones o desplegar aplicaciones en la

---

red, con el fin de remunerar a los mineros que realizan estas tareas de grabación. Estando, estos elevados gastos, más relacionados con el precio de cotización del token ETH, la saturación de la red y otros factores macroeconómicos, que con respecto al tipo de algoritmo de consenso.

En consecuencia, a pesar de que se espera que la implantación del protocolo PoS (Proof of Stake) reduzca estos costos, actualmente no existen perspectivas claras al respecto. Lo que si permitirá es elevar a 100.000 unidades, las transacciones que podrán ser procesadas por segundo.

En resultado, cabe destacar que la adopción de una plataforma blockchain específica debe basarse en una evaluación cuidadosa de sus características y limitaciones, en función de las necesidades específicas del proyecto en cuestión., unido a los recursos que aporta el desarrollo sobre una infraestructura ya creada, como puede ser la BSC(Binance Smart Chain), la red del mayor Exchange de criptomonedas Binance, con su token BNB, o la ya mencionada ERC20 de Ethereum

En cuanto a la gestión de la privacidad, los datos que se manejan no requieren ser de dominio público, ni tampoco tiene necesidad de ser replicado en todos y cada uno de los nodos que componen esta red, dispersos por todo el mundo. Además, el alto costo de mantenimiento asociado con la utilización de la red ERC-20 se contrapone con los bajos costos que implica el desarrollo propuesto. En tercer lugar, el uso de la red ERC-20 implica una contaminación y consumo de recursos que van en contra de los fundamentos de la comunidad energética, la cual busca promover un modelo de transición energética hacia un consumo sostenible. Finalmente, la gestión de fallas resulta crucial en un tema tan importante como el suministro eléctrico de las familias y negocios integrantes de la comunidad energética.

## Capítulo 7. CAPÍTULO SIETE CREACIÓN DE UNA BLOCKCHAIN PARA ALMACENAR LOS DATOS

La creación de una blockchain propia, que cuente con varios servidores que repliquen los datos y brinden tolerancia a fallos a través de la redundancia, es fundamental para garantizar la continuidad del suministro eléctrico en todo momento. Además, el protocolo que se ha utilizado en el desarrollo llevado a cabo es una adaptación del **Proof of Work, unido al Proof of Authority<sup>xv</sup>** (prueba de autoridad). En este modelo, solo algunos de los nodos están autorizados para resolver el sellado de bloques. En este caso, el modelo no está basado en la competencia y no cuentan con circulación de criptomonedas, pero aún así debe de realizar los cálculos matemáticos para obtener el hash, característico del Proof of Work, con su posterior comparación de que es válido.

Se ha utilizado esta unión de protocolos de consenso, al no haber transmisiones reales en la blockchain, ni transaccionar ningún tipo de divisa, ya que el uso de la blockchain es realizar transacciones, en las que figuran los consumos y producciones de energía eléctrica, para tener un libro de contabilidad histórico, incorruptible y descentralizado, almacenado en una cadena de bloques.

La adaptación al modelo de Pow y PoA, es que solo ciertos nodos podrán minar, pero ese derecho se entrega de manera aleatoria al nodo, perteneciente a la red Blockchain creada, para minar un único bloque. El nodo es asignado de manera aleatoria, no tendrá competidores, evitando así el derroche de energía eléctrica para la computación, al no empezar a minar los 3 a la vez.

### 7.1 Clase Blockchain y clase Block

Antes de definir la blockchain, con sus métodos propios, tenemos que definir las variables y características de la clase Bloque. La clase Blockchain no es más que la unión de bloques, que, mediante un minado y su posterior obtención del hash, se comprueba su validez y se añade a la cadena.

Además, se han creado varios métodos para su correcto funcionamiento, los cuales han sido precedidos de comentarios con el fin de facilitar el entendimiento de las labores de cada método.

```
import json
import hashlib
import time

class Block:

    def __init__(self, index, transactions, timestamp, previous_hash, nonce=0):
        #####
        # Constructor
        # index: unique ID of a block
        # transactions: list of transaction contained in the block
        # timestamp: time of block creation
        # previous_hash: hash value of the previous block
        # nonce: number used to solve the proof of work initialized to 0
        #####

        self.index = index
        self.transactions = transactions
        self.timestamp = timestamp
        self.previous_hash = previous_hash
        self.nonce = nonce

    def compute_hash(self):
        #####
        # Method to compute the hash of the block
        #####

        block_string = json.dumps(self.__dict__, sort_keys = True)
        hash_block_string = hashlib.sha256(block_string.encode()).hexdigest()
```

```
    return hash_block_string

class Blockchain:

    def __init__(self, difficulty):
        #####
        # Constructor
        # chain: current chain initialized as empty
        # unconfirmed_transactions: list of unconfirmed transactions initialized as empty
        # difficulty: number of initial 0s that the hashes must have to solve the proof of work
        # create_genesis_block: call to create the first block of the blockchain
        #####

        self.chain = []
        self.unconfirmed_transactions = []
        self.difficulty = difficulty
        self.create_genesis_block()

    def create_genesis_block(self):
        #####
        # Method to create and append to the blockchain the Genesis Block by calling the Block Class
        # Constructor with empty
        # or 0 value parameters
        # It adds the hash of the block (current_hash) value as part of the block parameters
        #####
        genesis_block = Block(0,[],time.time(),"0")
        genesis_block.current_hash = self.proof_of_work(genesis_block)
        self.chain.append(genesis_block)

    @property
    def last_block(self):
        return self.chain[-1]

    def mine(self):
        #####
        # Method that gathers all the unconfirmed transactions, creates a block with those transactions, mines
        # the block
        # by doing the proof of work and adds it to the blockchain
        # It also adds a fake transaction which will include the "Excedente" of the block
        #####

        if len(self.unconfirmed_transactions) <= 0:
            return False

        # Calculo Excedente de Bloque
        excedente = 0
```

```
for x in range(len(self.unconfirmed_transactions)):
    excedente = excedente + int(self.unconfirmed_transactions[x]['Excedente'])
body = {
    "Numero Factura" : "9999999999A",
    "ID Cliente" : "9999999A",
    "Potencia Consumida (kWh)" : "0",
    "Potencia Producida (kWh)" : "0",
    "Excedente": str(excedente),
    "timestamp": time.time()
}
self.add_new_transaction(body)

last_block = self.chain[-1]
new_block = Block(last_block.index+1, self.unconfirmed_transactions, time.time(),
last_block.current_hash)
proof = self.proof_of_work(new_block)
self.append_block(new_block,proof)
self.unconfirmed_transactions = []

return new_block.index

def add_new_transaction(self, transaction):
    self.unconfirmed_transactions.append(transaction)

def proof_of_work(self, block):
    #####
    # Method that computes the hash of the block changing in each iteration the nonce value of the block
    until the
    # resulting hash of the block has as many initial 0s as the difficulty required by the blockchain
    #####

    block.nonce = 0
    hash = block.compute_hash()

    while not hash[0:self.difficulty] == '0' * self.difficulty:
        block.nonce = block.nonce + 1
        hash = block.compute_hash()

    return hash

def append_block(self, block, hash):
    #####
    # Method that validates that the block previous hash corresponds to the last block of the chain and that
    # the block is well mined before adding the block to the chain
    #####

    if not block.previous_hash == self.chain[-1].current_hash:
```

```
        return False
    if not self.is_valid_proof(block, hash):
        return False
    block.current_hash = hash
    self.chain.append(block)
    return True

def is_valid_proof(self, block, hash):
    #####
    # Method that validates that the block hash is correct and has the difficulty required by the blockchain
    #####

    if not hash[0:self.difficulty] == '0' * self.difficulty:
        return False
    if not hash == block.compute_hash():
        return False

    return True

def check_chain(self, blocks):
    #####
    # Method that validates that the WHOLE chain is correctly mined and linked
    #####

    for block in blocks:
        current_hash = block.current_hash
        delattr(block, 'current_hash')
        if not self.is_valid_proof(block, current_hash):
            return False
        if not (block.previous_hash == self.chain[block.index-1].current_hash or (block.index == 0 and
        block.previous_hash == '0')):
            return False
        block.current_hash = current_hash
    return True
```

## 7.2 Clase API

Esta clase levanta los nodos necesarios, para tener la blockchain con redundancia, y blindarse ante una posible caída. Además, desde el punto de vista, tener 3 nodos aumenta la robustez frente al cibercrimen, atendiendo a que el protocolo utilizado es un Proof of Work unido a un protocolo de consenso de autoridad, en el cual no hay competencia ni recompensa por el minado, y el nodo encargado del minado es aleatorio.

```
from flask import Flask, jsonify, request
from Blockchain import Blockchain, Block
import json
import requests
import time

app = Flask(__name__)

# Change port to launch different nodes with the same API
#PORT = 12121 # Polideportivo
#PORT = 13131 # Cliente Individual
PORT = 14141 # Ayuntamiento

# Create the blockchain
blockchain = Blockchain(difficulty=3)

# peers are the nodes that this API acknowledges
peers = set()

#####
@app.route('/new_transaction', methods = ['POST'])
def new_transaction():
    #####
    # Validates the transaction, adds a timestamp to it, and adds the transaction to the list of unconfirmed
    transactions
    # It also adds the Excedente parameter to the transaction
    #####

    tx_data = request.get_json()
    required_fields = ["Numero Factura", "ID Cliente", "Potencia Consumida (kWh)", "Potencia Producida
(kWh)", "Periodo de Facturacion"]

    error = validator(required_fields, tx_data.keys())
    if error:
        return error, 404

    tx_data["Excedente"] = str(int(tx_data["Potencia Producida (kWh)"])-int(tx_data["Potencia Consumida
(kWh)"]));
    tx_data["timestamp"] = time.time();

    blockchain.add_new_transaction(tx_data)
    return "Success", 201

@app.route('/chain', methods = ['GET'])
def chain():
    #####
    # Obtains the current chain (length, blocks, and peers)
```

```
#####

chain=[]
for block in blockchain.chain:
    chain.append(block.__dict__)
response = {
    "length" : len(blockchain.chain),
    "chain" : chain,
    "peers" : list(peers)
}
return response, 200

@app.route('/mine', methods = ['GET'])
def mine():
    #####
    # Updates the chain to match the longer chain among its peers. Then mines the block and checks for any
    # possible forks.
    # If there is a fork, it will not mine the block and all the transaction used in the block will come part of
    # unconfirmed transactions again
    #####

    # Make sure the chain is the longest one among the peers
    consensus()

    # Mine
    unconfirmed_transactions = blockchain.unconfirmed_transactions
    index = blockchain.mine()
    block = blockchain.chain[index]

    # If the block has been mined successfully
    if index:
        # Everybody should have a shorter chain (consensus() = False)
        if not consensus():
            announce_new_block(blockchain.chain[-1], request)
            return "Block #"+str(index)+" is mined", 200

        # If there's someone with a longer or equal length chain, someone has mined the block at the same time
        # (Fork)
        else:
            blockchain.unconfirmed_transactions = unconfirmed_transactions
            if blockchain.chain[-1].current_hash == block.current_hash:
                blockchain.chain.pop(-1)
                return "Block has been discarded, it has to be mined again", 406
            else:
                return "No new Block", 200

@app.route('/pending_transactions', methods = ['GET'])
```

```
def pending_transactions():
    #####
    # Returns the unconfirmed transactions
    #####

    return json.dumps(blockchain.unconfirmed_transactions), 200

@app.route('/register_with_existing_node', methods = ['POST'])
def register_with_existing_node():
    #####
    # Registers the corresponding new node in both nodes by calling register_new_node()
    # Updates the blockchain of the new node to have the same one as the existing node
    #####

    tx_data = request.get_json()
    required_fields = ["node_address"]

    error = validator(required_fields, tx_data.keys())
    if error:
        return error, 404

    body = {"new_node_address": request.host_url}

    r = requests.post(""+tx_data['node_address']+'/register_new_node',json = body)

    if r.status_code == 200:
        chain = r.json()['chain']
        global blockchain
        blockchain = Blockchain(difficulty=3)

        for block_str in chain:
            if block_str['index'] == 0:
                genesis_block = Block(block_str['index'],block_str['transactions'],block_str['timestamp'],"0")
                genesis_block.current_hash = blockchain.proof_of_work(genesis_block)
                blockchain.chain = []
                blockchain.chain.append(genesis_block)
            else:
                block =
                Block(block_str['index'],block_str['transactions'],block_str['timestamp'],blockchain.chain[-1].current_hash)
                hash = blockchain.proof_of_work(block)
                if not blockchain.append_block(block, hash):
                    return "Error validating Blockchain",404

    # Update the peers of the new node
    body = {"new_node_address": tx_data['node_address']}
    requests.post(""+request.host_url+'/register_new_node',json = body)
```

```
return "Registration successful",200

@app.route('/register_new_node', methods = ['POST'])
def register_new_node():
    #####
    # Registers the new node by adding it to the peers
    # Returns the chain of the existing node so that the new node can update it in register_with_existing_node()
    #####
    tx_data = request.get_json()
    required_fields = ["new_node_address"]

    error = validator(required_fields, tx_data.keys())
    if error:
        return error, 404

    peers.add(tx_data["new_node_address"])

    return chain()

@app.route('/add_block', methods = ['POST'])
def add_block():
    #####
    # Appends the new block to the blockchain
    #####

    tx_data = request.get_json()
    required_fields = ["index", "transactions", "timestamp", "previous_hash", "current_hash", "nonce"]

    error = validator(required_fields, tx_data.keys())
    if error:
        return error, 404

    block = Block(tx_data['index'], tx_data['transactions'], tx_data['timestamp'], tx_data['previous_hash'],
tx_data['nonce'])
    hash = tx_data['current_hash']

    if blockchain.append_block(block, hash):
        return "Block appended to the chain",201

    return "The block was discarded",400

@app.route('/eliminate_chain', methods = ['GET'])
def eliminate_chain():
    #####
    # Eliminates all the blocks except for the Genesis Block
    #####
    current_chain = blockchain.chain
```

```
blockchain.chain=[]
blockchain.chain.append(current_chain[0])

return "Blockchain Eliminated", 200

#####

def validator(required_fields, data_fields):
    #####
    # Validates that all the requests received have the necessary attributes
    #####

    for field in required_fields:
        if field not in data_fields:
            return field + " field must be included"
    return False

def consensus():
    #####
    # Checks who among all the registered nodes have the longest chain. If it is not the current node the one
    # that has
    # the longest chain, it updates the current node chain to match the longest one.
    #####

    global blockchain

    current_len = len(blockchain.chain)
    longest_chain = None

    # Find if there is a longer or equal chain than the current one
    for node in peers:
        r = requests.get(""+node+"/chain").json()
        if r['length'] >= current_len:
            longest_chain = r['chain']
            current_len = r['length']

    if longest_chain:
        # if they longest chain found is the same as the current one
        if current_len == len(blockchain.chain) and blockchain.chain[-1].current_hash == longest_chain[-1]['current_hash']:
            return True

        # if the longest chain found is not the same as the current one, update the current chain
        current_chain = longest_chain
        blockchain.chain=[]
        blockchain.chain.append(current_chain[0])
        for block_str in longest_chain:
```

```

    if not block_str['index'] == 0:
        block = Block(block_str['index'],block_str['transactions'],time.time(),blockchain.chain[-1].current_hash)
        hash = blockchain.proof_of_work(block)
        blockchain.append_block(block, hash)
    return True

# If all of the peers have a shorter chain
return False

def announce_new_block(block, request):
    #####
    # Sends the new block to all the registered nodes
    #####

    for node in peers:
        if node != request.host_url:
            body = block.__dict__
            requests.post(""+node+'/add_block',json = body)

#####
#####
#####
if __name__ == '__main__':
    app.run(port=PORT)

```

### **7.3 Implementación**

Aquí se muestra el despliegue de los nodos y el funcionamiento de la blockchain para almacenar el flujo eléctrico de la comunidad energética. El formato escogido, para poder ver los resultados, es la de un notebook de Python.

TFG: (Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and Scalability via Blockchain application

Jose Ignacio Magdalena Camacho

0.Initialize the workspace

In this step we eliminate all the blocks except for the Genesis Block

**import** requests

URL1 = 'http://localhost:12121'

```
URL2 = 'http://localhost:13131'  
URL3 = 'http://localhost:14141'
```

```
r1 = requests.get(URL1+'/eliminate_chain')  
r2 = requests.get(URL2+'/eliminate_chain')  
r3 = requests.get(URL3+'/eliminate_chain')
```

```
if r1.status_code == 200:  
    print("Blockchain del Polideportivo Eliminada")  
else:  
    print("Error: Blockchain del Polideportivo NO Eliminada")
```

```
if r2.status_code == 200:  
    print("Blockchain del Cliente Independiente Eliminada")  
else:  
    print("Error: Blockchain del Cliente Independiente NO Eliminada")
```

```
if r3.status_code == 200:  
    print("Blockchain del Ayuntamiento Eliminada")  
else:  
    print("Error: Blockchain del Ayuntamiento NO Eliminada")
```

```
Blockchain del Polideportivo Eliminada  
Blockchain del Cliente Independiente Eliminada  
Blockchain del Ayuntamiento Eliminada
```

Create the Nodes

In this step each node registers the other node and, by doing this, they synchronize their blockchains

```
import requests
```

```
# Register Node 2 in Node 1 and viceversa
```

```
URL = 'http://localhost:13131'  
body = {"node_address" : 'http://127.0.0.1:12121'}
```

```
r = requests.post(URL+'/register_with_existing_node',json = body)
```

```
if r.status_code == 200:  
    print("Se ha registrado correctamente el Polideportivo en el Cliente Independiente y viceversa")  
else:  
    print("Error: Polideportivo y Cliente Independiente no registrados entre ellos")
```

---

```
# Register Ayuntamiento (node 14141) in Node 1 and Node 2
URL = 'http://localhost:14141'
body = {"node_address" : 'http://127.0.0.1:12121'}

r = requests.post(URL+'register_with_existing_node'.json = body)

if r.status_code == 200:
    print("Se ha registrado correctamente el Ayuntamiento en el Polideportivo y viceversa")
else:
    print("Error: Polideportivo y Ayuntamiento no registrados entre ellos")

URL = 'http://localhost:14141'
body = {"node_address" : 'http://127.0.0.1:13131'}

r = requests.post(URL+'register_with_existing_node'.json = body)

if r.status_code == 200:
    print("Se ha registrado correctamente el Ayuntamiento en el Cliente Independiente y viceversa")
else:
    print("Error: Cliente Independiente y Ayuntamiento no registrados entre ellos")

Se ha registrado correctamente el Polideportivo en el Cliente Independiente y viceversa
Se ha registrado correctamente el Ayuntamiento en el Polideportivo y viceversa
Se ha registrado correctamente el Ayuntamiento en el Cliente Independiente y viceversa

import requests

# Confirm that all chains are the same
URL1 = 'http://localhost:12121'
URL2 = 'http://localhost:13131'
URL3 = 'http://localhost:14141'

r1 = requests.get(URL1+'chain')
r2 = requests.get(URL2+'chain')
r3 = requests.get(URL3+'chain')

print("Las cadenas son iguales:",r1.json()['chain']==r2.json()['chain']==r3.json()['chain'])

for x in range(len(r1.json()['chain'])):
    if x == 0:
        print("\nCadena del Polideportivo:")
        print("Genesis Block: ")
        print("", r1.json()['chain'][x])
    else:
        print("Block "+str(x)+" : ")
```

```
print("",r1.json()['chain'][x])
```

```
for x in range(len(r2.json()['chain'])):  
    if x == 0:  
        print("\nCadena del Cliente Independiente:")  
        print("Genesis Block: ")  
        print("", r2.json()['chain'][x])  
    else:  
        print("Block "+str(x)+": ")  
        print("",r2.json()['chain'][x])
```

```
for x in range(len(r3.json()['chain'])):  
    if x == 0:  
        print("\nCadena del Ayuntamiento:")  
        print("Genesis Block: ")  
        print("", r3.json()['chain'][x])  
    else:  
        print("Block "+str(x)+": ")  
        print("",r3.json()['chain'][x])
```

Las cadenas son iguales: True

Cadena del Polideportivo:

Genesis Block:

```
{'current_hash': '00059cd5b42416959b120fb71a3c8cbae82595e304ccb1098765c5554df23036',  
'index': 0, 'nonce': 3937, 'previous_hash': '0', 'timestamp': 1688459708.9149287, 'transactions': []}
```

Cadena del Cliente Independiente:

Genesis Block:

```
{'current_hash': '00059cd5b42416959b120fb71a3c8cbae82595e304ccb1098765c5554df23036',  
'index': 0, 'nonce': 3937, 'previous_hash': '0', 'timestamp': 1688459708.9149287, 'transactions': []}
```

Cadena del Ayuntamiento:

Genesis Block:

```
{'current_hash': '00059cd5b42416959b120fb71a3c8cbae82595e304ccb1098765c5554df23036',  
'index': 0, 'nonce': 3937, 'previous_hash': '0', 'timestamp': 1688459708.9149287, 'transactions': []}
```

### 3. Create, Send and Mine the Blocks

In this step we simulated two clients (12121 and 13131) sending transactions to the blockchain. In real life, they would send the transactions to every node and each node will compete to mine the block. In this case, as the time to mine is so reduced, there will be no competition, meaning that only Client 12121 will receive transactions and mine them.

---

Each month, all the clients send the transactions to the blockchain and a node (the one who wins) would mine the block. The block will therefore contain the transaction of that month for each of the clients.

**import** requests

*### Block 1*

*# Transaction 1*

URL = 'http://localhost:12121'

body = {

```
"Numero Factura" : "5107217625C",
"ID Cliente" : "6229016L",
"Potencia Consumida (kWh)" : "194",
"Potencia Producida (kWh)" : "442",
"Periodo de Facturacion": "01/01/2023 al 31/01/2023"
}
```

r = requests.post(URL+'new\_transaction',json = body)

**if** r.status\_code == 201:

**print**("Transaccion del Polideportivo del 01/01/2023 al 31/01/2023 enviada")

**else:**

**print**("Error: Transaccion del Polideportivo del 01/01/2023 al 31/01/2023 NO enviada")

*# Transaction 2*

body = {

```
"Numero Factura" : "5944718538E",
"ID Cliente" : "3165615K",
"Potencia Consumida (kWh)" : "89",
"Potencia Producida (kWh)" : "195",
"Periodo de Facturacion": "01/01/2023 al 31/01/2023"
}
```

r = requests.post(URL+'new\_transaction',json = body)

**if** r.status\_code == 201:

**print**("Transaccion del Cliente Independiente del 01/01/2023 al 31/01/2023 enviada")

**else:**

**print**("Error: Transaccion del Cliente Independiente del 01/01/2023 al 31/01/2023 NO enviada")

r = requests.get(URL+'mine')

**if** r.status\_code == 200:

**print**("Bloque del 01/01/2023 al 31/01/2023 minado")

**else:**

**print**("Error: Bloque del 01/01/2023 al 31/01/2023 NO minado")

### Block 2

# Transaction 1

```
body = {  
    "Numero Factura" : "3238327648M",  
    "ID Cliente" : "6229016L",  
    "Potencia Consumida (kWh)" : "53",  
    "Potencia Producida (kWh)" : "97",  
    "Periodo de Facturacion": "01/02/2023 al 28/02/2023"  
}
```

```
r = requests.post(URL+'/new_transaction',json = body)  
if r.status_code == 201:  
    print("\nTransaccion del Polideportivo del 01/02/2023 al 28/02/2023 enviada")  
else:  
    print("Error: Transaccion del Polideportivo del 01/02/2023 al 28/02/2023 NO enviada")
```

# Transaction 2

```
body = {  
    "Numero Factura" : "3112542216N",  
    "ID Cliente" : "3165615K",  
    "Potencia Consumida (kWh)" : "298",  
    "Potencia Producida (kWh)" : "420",  
    "Periodo de Facturacion": "01/02/2023 al 28/02/2023"  
}
```

```
r = requests.post(URL+'/new_transaction',json = body)  
if r.status_code == 201:  
    print("Transaccion del Cliente Independiente del 01/02/2023 al 28/02/2023 enviada")  
else:  
    print("Error: Transaccion del Cliente Independiente del 01/02/2023 al 28/02/2023 NO enviada")
```

```
r = requests.get(URL+'/mine')  
if r.status_code == 200:  
    print("Bloque del 01/02/2023 al 28/02/2023 minado")  
else:  
    print("Error: Bloque del 01/02/2023 al 28/02/2023 NO minado")
```

### Block 3

# Transaction 1

```
body = {  
    "Numero Factura" : "8555676086A",
```

```
"ID Cliente" : "6229016L",  
"Potencia Consumida (kWh)" : "90",  
"Potencia Producida (kWh)" : "450",  
"Periodo de Facturacion": "01/03/2023 al 31/03/2023"  
}
```

```
r = requests.post(URL+'/new_transaction',json = body)  
if r.status_code == 201:  
    print("\nTransaccion del Polideportivo del 01/03/2023 al 31/03/2023 enviada")  
else:  
    print("Error: Transaccion del Polideportivo del 01/03/2023 al 31/03/2023 NO enviada")
```

*# Transaction 2*

```
body = {  
    "Numero Factura" : "9632863143W",  
    "ID Cliente" : "3165615K",  
    "Potencia Consumida (kWh)" : "213",  
    "Potencia Producida (kWh)" : "406",  
    "Periodo de Facturacion": "01/03/2023 al 31/03/2023"  
}
```

```
r = requests.post(URL+'/new_transaction',json = body)  
if r.status_code == 201:  
    print("Transaccion del Cliente Independiente del 01/03/2023 al 31/03/2023 enviada")  
else:  
    print("Error: Transaccion del Cliente Independiente del 01/03/2023 al 31/03/2023 NO enviada")
```

```
r = requests.get(URL+'/mine')  
if r.status_code == 200:  
    print("Bloque del 01/03/2023 al 31/03/2023 minado")  
else:  
    print("Error: Bloque del 01/03/2023 al 31/03/2023 NO minado")
```

Transaccion del Polideportivo del 01/01/2023 al 31/01/2023 enviada  
Transaccion del Cliente Independiente del 01/01/2023 al 31/01/2023 enviada  
Bloque del 01/01/2023 al 31/01/2023 minado

Transaccion del Polideportivo del 01/02/2023 al 28/02/2023 enviada  
Transaccion del Cliente Independiente del 01/02/2023 al 28/02/2023 enviada  
Bloque del 01/02/2023 al 28/02/2023 minado

Transaccion del Polideportivo del 01/03/2023 al 31/03/2023 enviada  
Transaccion del Cliente Independiente del 01/03/2023 al 31/03/2023 enviada  
Bloque del 01/03/2023 al 31/03/2023 minado

---

#### 4. Confirm chains are the same in all nodes

**import** requests

URL1 = 'http://localhost:12121'

URL2 = 'http://localhost:13131'

URL3 = 'http://localhost:14141'

r1 = requests.get(URL1+'/chain')

r2 = requests.get(URL2+'/chain')

r3 = requests.get(URL3+'/chain')

**print**("Las cadenas son iguales:",r1.json()['chain']==r2.json()['chain']==r3.json()['chain'])

**for** x **in** range(len(r1.json()['chain'])):

**if** x == 0:

**print**("\nCadena del Polideportivo:")

**print**("Genesis Block: ")

**print**("", r1.json()['chain'][x])

**else**:

**print**("\nBloque "+str(x)+" del "+r1.json()['chain'][x]['transactions'][0]['Periodo de Facturacion']+": ")

**print**("",r1.json()['chain'][x])

Las cadenas son iguales: True

Cadena del Polideportivo:

Genesis Block:

```
{'current_hash': '00059cd5b42416959b120fb71a3c8cbae82595e304ccb1098765c5554df23036',  
'index': 0, 'nonce': 3937, 'previous_hash': '0', 'timestamp': 1688459708.9149287, 'transactions': []}
```

Bloque 1 del 01/01/2023 al 31/01/2023:

```
{'current_hash': '0008e29378b53cae15a31820c9678a031245f45c8ea6ad42b39c4bd4b9e6fa0',  
'index': 1, 'nonce': 2619, 'previous_hash':  
'00059cd5b42416959b120fb71a3c8cbae82595e304ccb1098765c5554df23036', 'timestamp':  
1688461868.8368278, 'transactions': [{ 'Excedente': '248', 'ID Cliente': '6229016L', 'Numero Factura':  
'5107217625C', 'Periodo de Facturacion': '01/01/2023 al 31/01/2023', 'Potencia Consumida (kWh):  
'194', 'Potencia Producida (kWh): '442', 'timestamp': 1688461860.564853}, { 'Excedente': '106', 'ID  
Cliente': '3165615K', 'Numero Factura': '5944718538E', 'Periodo de Facturacion': '01/01/2023 al  
31/01/2023', 'Potencia Consumida (kWh)': '89', 'Potencia Producida (kWh)': '195', 'timestamp':  
1688461862.6188526}, { 'Excedente': '354', 'ID Cliente': '9999999A', 'Numero Factura':  
'999999999A', 'Potencia Consumida (kWh)': '0', 'Potencia Producida (kWh)': '0', 'timestamp':  
1688461868.8368278}]}}
```

Bloque 2 del 01/02/2023 al 28/02/2023:

```
{'current_hash': '000a118c19a97f2576b887c1d04b8fca9457814249b06b4e03fa6c8c3b422d49',
```

```
'index': 2, 'nonce': 5532, 'previous_hash':  
'0008e29378b53caae15a31820c9678a031245f45c8ea6ad42b39c4bd4b9e6fa0', 'timestamp':  
1688461887.5641477, 'transactions': [{ 'Excedente': '44', 'ID Cliente': '6229016L', 'Numero Factura':  
'3238327648M', 'Periodo de Facturacion': '01/02/2023 al 28/02/2023', 'Potencia Consumida (kWh):  
'53', 'Potencia Producida (kWh)': '97', 'timestamp': 1688461879.2998154}, { 'Excedente': '122', 'ID  
Cliente': '3165615K', 'Numero Factura': '3112542216N', 'Periodo de Facturacion': '01/02/2023 al  
28/02/2023', 'Potencia Consumida (kWh)': '298', 'Potencia Producida (kWh)': '420', 'timestamp':  
1688461881.3723557}, { 'Excedente': '166', 'ID Cliente': '9999999A', 'Numero Factura':  
'999999999A', 'Potencia Consumida (kWh)': '0', 'Potencia Producida (kWh)': '0', 'timestamp':  
1688461887.5641477}]}
```

Bloque 3 del 01/03/2023 al 31/03/2023:

```
{ 'current_hash': '0003e7605085babbe21adc3fe2731785fdef46d763bef01b1542a0bfa942347b',  
'index': 3, 'nonce': 1774, 'previous_hash':  
'000a118c19a97f2576b887c1d04b8fca9457814249b06b4e03fa6c8c3b422d49', 'timestamp':  
1688461906.384462, 'transactions': [{ 'Excedente': '360', 'ID Cliente': '6229016L', 'Numero Factura':  
'8555676086A', 'Periodo de Facturacion': '01/03/2023 al 31/03/2023', 'Potencia Consumida (kWh):  
'90', 'Potencia Producida (kWh)': '450', 'timestamp': 1688461898.185666}, { 'Excedente': '193', 'ID  
Cliente': '3165615K', 'Numero Factura': '9632863143W', 'Periodo de Facturacion': '01/03/2023 al  
31/03/2023', 'Potencia Consumida (kWh)': '213', 'Potencia Producida (kWh)': '406', 'timestamp':  
1688461900.2490048}, { 'Excedente': '553', 'ID Cliente': '9999999A', 'Numero Factura':  
'999999999A', 'Potencia Consumida (kWh)': '0', 'Potencia Producida (kWh)': '0', 'timestamp':  
1688461906.384462}]}
```

### 5. Obtain the "Excedente" of the chain

**import** requests

URL = 'http://localhost:12121'

r = requests.get(URL+'chain').json()

excedente = 0

**for** x **in** range(int(r['length'])):

**for** y **in** range(len(r['chain'][x]['transactions'])):

**if** r['chain'][x]['transactions'][y]['Numero Factura'] == "999999999A":

            excedente = excedente + int(r['chain'][x]['transactions'][y]['Excedente'])

**print**("El excedente total de le cadena es de: "+str(excedente)+" kWh")

El excedente total de le cadena es de: 1073 kWh

### 6. Create the Bill

##### Bill for Client 3165615K

client = "3165615K"

```
month = "01/01/2023 al 31/01/2023"
```

```
import pandas as pd  
import requests
```

```
URL = 'http://localhost:12121'  
r = requests.get(URL+'chain').json()
```

```
# Get all the information of the Client 3165615K
```

```
num_factura = []  
pot_consumida = []  
pot_producida = []  
periodo = []  
excedente = []  
for x in range(int(r['length'])):  
    for y in range(len(r['chain'][x]['transactions'])):  
        if r['chain'][x]['transactions'][y]['ID Cliente'] == client:  
            num_factura.append(r['chain'][x]['transactions'][y]['Numero Factura'])  
            pot_consumida.append(int(r['chain'][x]['transactions'][y]['Potencia Consumida (kWh)']))  
            pot_producida.append(int(r['chain'][x]['transactions'][y]['Potencia Producida (kWh)']))  
            periodo.append(r['chain'][x]['transactions'][y]['Periodo de Facturacion'])  
            excedente.append(int(r['chain'][x]['transactions'][y]['Excedente']))
```

```
num_factura.append("TOTAL")  
pot_consumida.append(str(sum(pot_consumida)))  
pot_producida.append(str(sum(pot_producida)))  
periodo.append("")  
excedente.append(str(sum(excedente)))
```

```
bill_total = pd.DataFrame(  
    {'Numero Factura': num_factura,  
     'Periodo de Facturacion' : periodo,  
     'Potencia Consumida (kWh)': pot_consumida,  
     'Potencia Producida (kWh)': pot_producida,  
     'Excedente (kWh)' : excedente  
    })
```

```
bill_total.style.set_table_attributes("style='display:inline']").set_caption('Factura del Cliente %s desde  
el Periodo de Facturacion Inicial (del %s)' % (client, periodo[0]))
```

Factura del Cliente 3165615K desde el Periodo de Facturacion Inicial (del 01/01/2023 al 31/01/2023)					
Numero Factura	Periodo de Facturacion	Potencia Consumida (kWh)	Potencia Producida (kWh)	Excedente (kWh)	
0	5944718538E 01/01/2023 al 31/01/2023	89	195	106	
1	3112542216N 01/02/2023 al 28/02/2023	298	420	122	
2	9632863143W 01/03/2023 al 31/03/2023	213	406	193	
3	TOTAL	600	1021	421	

*16 Factura generada por la Blockchain desarrollada*

```
bill_month = bill_total.loc[bill_total["Periodo de Facturacion"] == month]
```

```
bill_month.style.set_table_attributes("style='display:inline'").set_caption('Factura del Cliente %s del %s' % (client, month))
```

Factura del Cliente 3165615K del 01/01/2023 al 31/01/2023					
Numero Factura	Periodo de Facturacion	Potencia Consumida (kWh)	Potencia Producida (kWh)	Excedente (kWh)	
0	5944718538E 01/01/2023 al 31/01/2023	89	195	106	

*17 Consulta a la Blockchain por factura de un mes concreto, de un cliente concreto a la Blockchain*



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA (ICAI)

GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS DE TELECOMUNICACIÓN

*Energy Communities: Current Situation, Benefits and Disadvantages and*

*Scalability via Blockchain application*

## Capítulo 8. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

La figura de la comunidad energética se presenta como una realidad en constante desarrollo, que ofrece numerosos beneficios en el sector energético. Tras el estudio y visita a la comunidad ya implementada de Valdepiélagos, se puede apreciar que, a pesar de contar con elementos sencillos como paneles fotovoltaicos, se evidencia que se trata de una tecnología de vanguardia que requiere un alto grado de planificación. La implementación de una comunidad energética es una tarea laboriosa que va más allá del desarrollo técnico del proyecto, ya que también implica asegurar la integración en el marco comunitario, cumplir con la normativa española y, en caso de que esta no esté finalizada, dirigirse a la normativa europea.

La implementación de una comunidad energética no solo ofrece beneficios económicos, sino que también genera impactos positivos en ámbitos sociales, medioambientales y de transición ecológica. Aunque a primera vista los costes de entrada pueden parecer elevados, una vez que la comunidad energética entra en funcionamiento, estos costes se vuelven ligeros en comparación con los beneficios obtenidos en múltiples ámbitos. Además, es posible la mitigación de las barreras de entrada, por los elevados costes de la instalación, mediante la solicitud de la multitud de ayudas disponibles a nivel local, nacional y europeo que pueden respaldar el desarrollo de las comunidades energéticas. Facilitando el proceso de la obtención de financiación, para el desarrollo del proyecto.

Por ello, cabe resaltar la figura de las empresas que desarrollan estos proyectos, como en el caso real estudiado de Valdepiélagos donde la empresa Ecoo ha sido responsable de la planificación y ejecución de gran medida del proceso. Su experiencia y conocimiento en la implementación de comunidades energéticas son fundamentales para el éxito de estos

---

proyectos y para garantizar su integración adecuada en el entorno local, y por ello, para los municipios que desee constituir una comunidad energética, este tipo de empresas se presentan como un servicio que puede ayudar en el correcto desarrollo y más rápida implementación de los proyectos de comunidad energética, que se deseen hacer realidad.

En cuanto al horizonte temporal, cabe resaltar que, para el desarrollo de una comunidad energética, es crucial comprender, que se necesita de un alto grado de compromiso ciudadano por un largo periodo de tiempo, con un enfoque gradual en mejorar la eficiencia y el rendimiento de la comunidad con el paso del tiempo.

En consecuencia, el desarrollo de la comunidad energética representa una solución prometedora y concreta que combina tecnología de vanguardia, compromiso comunitario y beneficios en diversos ámbitos. A través de la integración en el marco normativo, el apoyo financiero y la participación de las empresas y los actores locales, las comunidades energéticas pueden contribuir significativamente a la transformación del sistema energético hacia uno más sostenible, participativo y eficiente. A medida que las comunidades energéticas continúen desarrollándose, existe un gran potencial para integrar tecnologías adicionales y establecer alianzas estratégicas con diferentes actores del sector. Esta cooperación puede impulsar la adopción masiva de soluciones energéticas sostenibles, aumentar la eficiencia de los sistemas y acelerar la transición hacia un modelo energético más limpio y descentralizado.

## Capítulo 9. BIBLIOGRAFÍA

<sup>i</sup> Acuerdo de París.

<https://unfccc.int/es/acerca-de-las-ndc/el-acuerdo-de-paris>

<sup>ii</sup> Estudio Universidad de Navarra Dependencia Energética

<https://www.unav.edu/web/global-affairs/espana-puede-ser-un-factor-clave-para-reducir-la-dependencia-energetica-europea-de-rusia#:~:text=La%20dependencia%20europea%20del%20gas,los%20datos%20son%20m%C3%A1s%20esclarecedores>

<sup>iii</sup> Sostenibilidad BBVA

[https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-comunidades-energeticas-y-como-funcionan/?gclid=Cj0KCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRr2Xja6djhwm7N4OCBBYUdc6Hp48YaEpX7KiuS4AojnNW4ukSMdmUaAte3EALw\\_wcB](https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-son-las-comunidades-energeticas-y-como-funcionan/?gclid=Cj0KCQiAxbefBhDfARIsAL4XLRr2Xja6djhwm7N4OCBBYUdc6Hp48YaEpX7KiuS4AojnNW4ukSMdmUaAte3EALw_wcB)

<sup>iv</sup> IDAE

<https://www.idae.es/ayudas-y-financiacion/comunidades-energeticas>

<sup>v</sup> PNIEC

<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>

<sup>vi</sup> Proyecto de Real Decreto por el que se desarrollan las figuras de las comunidades de energías renovables y las comunidades ciudadanas de energía

<https://energia.gob.es/es-es/participacion/paginas/DetalleParticipacionPublica.aspx?k=595>

vii Clean Energy for all Europeans Package

[https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package\\_en](https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en)

viii CTA

<https://www.corporaciontecnologica.com/es/sala-de-prensa/comunicados/Endesa-aplica-blockchain-para-mejorar-la-gestion-de-clientes-vulnerables-y-evitarles-cortes-de-luz-por-impagos/>

ix Proyecto Confía

<https://www.endesa.com/es/proyectos/todos-los-proyectos/innovability/south-summit-2020/confia>

x Universidad Pontifica de Comillas Catedra de Energía y Pobreza.

<https://www.comillas.edu/es/catedra-de-energia-y-pobreza>

xi Datadis :Consulta de Autoconsumo Colectivo del tipo “con excedentes y compensación Colectivo”

<https://datadis.es/self-consumption>

xii Ethereum ERC 20

<https://etherscan.io/charts#section-network-data>

xiii Geekflare Protocolos de Consenso

<https://geekflare.com/es/blockchain-consensus-algorithms-pow-vs-pos/>

---

<sup>xiv</sup> Gas Fees de Ethereum

[https://ycharts.com/indicators/ethereum\\_average\\_gas\\_price#:~:text=Ethereum%20Average%20Gas%20Price%20is,2.36%25%20from%20one%20year%20ago.](https://ycharts.com/indicators/ethereum_average_gas_price#:~:text=Ethereum%20Average%20Gas%20Price%20is,2.36%25%20from%20one%20year%20ago.)

<sup>xv</sup> Proof of Authority explicado por INESDI Business Techschool  
<https://www.inesdi.com/blog/algoritmo-consenso-blockchain/>

# ANEXO I: ALINEACIÓN DEL PROYECTO CON LOS ODS

**Objetivo 1:** Poner fin a la pobreza en todas sus formas en todo el mundo:

La comunidad energética puede ser una herramienta para acabar con la pobreza energética, tanto por el abaratamiento del coste de acceso a la electricidad, como siendo el vector de llegada a lugares alejados de la red general en países en vías de Desarrollo.

**Objetivo 3:** Garantizar una vida sana y promover el bienestar para todos en todas las edades:

El acceso a energía eléctrica es un básico para la forma de vida actual en todo el rango de edades, desde actuar como luz y climatización hasta el acceso a Internet, todo ello mediante el uso de energías renovables que no castigan el medio ambiente y sus comunidades.

**Objetivo 4:** Garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida de todos

La llegada de internet y de una fuente de energía renovable y estable sin cortes, garantiza un mayor Desarrollo en un clima de mayor estabilidad para las futuras generaciones, con mayor acceso a los recursos de la era digital.

**Objetivo 7:** Garantizar el acceso a una energía asequible, segura, sostenible y moderna para todos

La implementación de las comunidades energéticas brinda energía 100% renovable a sus usuarios en un entorno de proximidad, sin emisiones de CO2.

Objetivo 8: Promover el crecimiento económico sostenido, inclusivo y sostenible, el empleo pleno y productivo y el trabajo decente para todos

La figura de comunidad energética promueve la agregación y participación social en la producción energética, y por medio de esta se generaría un impacto positivo en el mercado laboral de las zonas en las que se lleve a cabo, sea tanto urbano como rural. Además, se ha de tener en cuenta la mano de obra, cualificada y no cualificada, para su implementación y posterior gestión y mantenimiento.