

CONAMA 2024

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Turbinación en redes de abastecimiento,

Un cambio en el modelo de regulación
de presiones-LIFE TURBINES.



Autor Principal: Arantxa Gamón Company (Plataforma Tecnológica Española del Agua, PTEA; EMPRESA MIXTA METROPOLITANA, S.A.)

Otros autores: Andross Pérez Lleó (EMPRESA MIXTA VALENCIANA DE AGUAS, S.A.); Carmen Sanches Briones (EMPRESA MIXTA VALENCIANA DE AGUAS, S.A.); Román Ponz Carcelén; EMPRESA MIXTA METROPOLITANA, S.A.); Honorio Royo Lleixà (EMPRESA MUNICIPALS DE SERVEIS PUBLICS, S.L.); Teresa Oltra Benavent, (AGUAS DE VALENCIA, S.A.); Cristina de Diego Tomé (AGUAS DE VALENCIA, S.A.); María Pedro Monzonís (Plataforma Tecnológica Española del Agua, PTEA; AGUAS DE VALENCIA, S.A.).

ÍNDICE MÍNIMO

1.	RESUMEN	4
2.	INTRODUCCIÓN	5
3.	OBJETIVO Y ANTECEDENTES	6
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	9
5.	RESULTADOS	¡Error! Marcador no definido.
6.	CONCLUSIONES	12
7.	BIBLIOGRAFÍA	¡Error! Marcador no definido. 4

RESUMEN

En la actualidad, existe una creciente necesidad de aumentar la eficiencia y la sostenibilidad de las ciudades, debido al aumento de la población y al elevado consumo de recursos. En el sector del agua, el nexo agua-energía es y sigue siendo un tema de gran relevancia, ya que en muchos municipios es una de las actividades que más energía consume es el ciclo urbano del agua. Sin embargo, el suministro y la distribución de agua son servicios básicos que deben prestarse a toda la población de forma obligatoria, ya que se trata de un derecho que concierne a todos.

En este contexto, el proyecto LIFE TURBINES se enfoca en aprovechar la energía disipada en las redes de agua potable mediante la instalación de turbinas que transformen el exceso de presión en energía útil, optimizando la gestión de las redes y reduciendo las emisiones de gases de efecto invernadero. El proyecto se desarrolla a través de un consorcio multidisciplinar y busca consolidar tecnologías sostenibles de recuperación de energía, apoyándose en estudios previos liderados por Global Omnium.

LIFE TURBINES abordará cuatro casos de estudio en España e Italia, cada uno con características técnicas diferentes. En cada caso se estudiará la optimización de la máquina hidráulica y su uso energético, con el objetivo de dotar al proyecto de una mayor capacidad de replicabilidad. Además, se desarrollará una herramienta digital para optimizar la selección y el dimensionamiento de las turbinas, facilitando la implementación y reproducción de las soluciones.

En conclusión, LIFE TURBINES pretende maximizar el potencial de producción de energía renovable a partir de infraestructuras existentes, contribuyendo a la transición hacia ciudades más sostenibles y a la mitigación de los efectos del cambio climático.

INTRODUCCIÓN

Uno de los mayores retos a los que nos enfrentamos es el cambio climático, el calentamiento global es inequívoco y está claramente influenciado por la actividad antropológica. Para combatirlo contamos con dos herramientas clave que pasan por la mitigación de las emisiones y la adaptación a sus efectos, pero para que sean eficaces, se necesita una cooperación conjunta.

Actualmente el 80% de la energía mundial se obtiene de combustibles fósiles, lo que significa que nuestra economía se basa en una economía de carbón, principal causante de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y, por tanto, responsable directo del cambio climático. En este sentido, Europa es responsable del 10% de las emisiones de GEI a nivel mundial [1]. A este hecho cabe añadir que el consumo energético de los sistemas de distribución de agua depende principalmente de la topografía y de la topología de la red de agua. Según las Naciones Unidas, aproximadamente el 7% del consumo total de energía en el mundo se utiliza para el suministro de agua. Concretamente entre el 2 y el 3 % de la energía mundial se utiliza para el bombeo y tratamiento de agua de las poblaciones urbanas y del sector industrial. Estos valores exponen la necesidad de realizar un uso eficiente y racional del agua y de la energía. Además, se espera que estos consumos aumenten en los próximos 25 años en todas las regiones de nuestro planeta.

Ante este escenario, es imprescindible incrementar la eficiencia en todas las etapas del ciclo integral del agua. Dentro del sistema de distribución de agua, uno de los métodos más fáciles para reducir la energía requerida es la gestión de la presión. De manera que, si la presión del sistema se reduce, el flujo disminuye, lo que resulta en una reducción del volumen y número de fugas y una optimización del consumo energético al reducir la carga de trabajo tanto de los equipos de bombeo como de otros componentes del sistema.

Paradójicamente la regulación de presiones de las redes de abastecimiento se realiza mediante dispositivos de reducción de la presión, que disipan la energía sobrante de la red sin ninguna aplicación posterior. Por tanto, la distribución es una de las fases del ciclo integral del agua, donde más se pueden mejorar los índices de eficiencia energética, debido a su gran consumo y pérdida de energía.

En este contexto, el proyecto LIFE TURBINES (LIFE22 CCM/ES/101113749 TURBINES) propone aprovechar la energía que actualmente se disipa en las redes de abastecimiento de agua potable aprovechando la variación de caudales y presiones en determinados puntos del interior de la red urbana de agua potable. El proyecto se lleva a cabo mediante un consorcio multidisciplinar formado por 10 entidades, cuatro de ellas pertenecientes al grupo Global Omnium: Aguas de Valencia S.A (AVSA), como coordinador del proyecto, la Empresa Mixta Valenciana de Aguas (EMIVASA), la Empresa Mixta Metropolitana (EMIMET), la Empresa Municipal de Serveis Públics (Aigües de Tortosa), el Ayuntamiento de Tortosa, el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE), la cooperativa energética AeioLuz, la Rete Europea dell'innovazione (REDINN), Acquedotto del Fiora(Adf) y la Università Politecnica delle Marche .

OBJETIVO Y ANTECEDENTES

El objetivo principal del proyecto es demostrar que todos los cambios, por pequeños que sean, cuentan en la transformación de las ciudades y que la energía hidráulica y su uso en las redes de abastecimiento de las ciudades tiene potencial para ser rentable y contribuir a la transformación de nuestras ciudades hacia la neutralidad climática.

El proyecto LIFE TURBINES tiene sus raíces en varios estudios y proyectos previos que sentaron las bases para la recuperación de energía en redes de agua potable. Un antecedente clave fue el trabajo desarrollado en el marco de la Cátedra de Aguas de Valencia, donde se evaluó la viabilidad técnica y económica de instalar sistemas de microgeneración en las redes gestionadas por Global Omnium. Estos estudios pioneros no solo identificaron los puntos con mayor potencial para la recuperación de energía, sino que también impulsaron la instalación de microturbinas hidráulicas en las redes de abastecimiento de ciudades como Altafulla, València y su área metropolitana. Estas experiencias posicionaron a Global Omnium a la vanguardia en la instalación de turbinas hidráulicas en redes urbanas, aprovechando eficientemente las variaciones de presión y caudal, y destacándose por su enfoque innovador y el gran potencial de generación de energía.



Figura 1. Antecedentes de LIFE TURBINES

La primera instalación fue la generación de energía para usos sociales en Altafulla (Tarragona), donde existen, como en muchos municipios ubicados en la costa, dos zonas diferenciadas: la parte alta donde se ubican los depósitos de cabecera y la zona de playa situada a cota 0. Este desnivel topográfico produce unas presiones elevadas en las zonas más bajas de la ciudad que era necesario reducir mediante válvulas reguladoras de presión. Se decidió sustituir una válvula reguladora de presión por una turbina, que además de regular la presión aprovecharse la energía disipada. Esta instalación genera aproximadamente 100-150Wh, con los que se alimenta un dispositivo de información municipal y un punto de recarga de dispositivos electrónicos.



Figura 2. Palmera instalada en el paseo marítimo de Altafulla (Tarragona).

En la ciudad de València, EMIVASA (empresa que gestiona el abastecimiento de agua potable) implantó en 2019 una serie de puntos de recarga de dispositivos, comúnmente conocidos como “palmeras” debido a su forma característica, alimentados con energía hidráulica. Las palmeras están equipadas con acceso gratuito a conexión wifi, cuatro conexiones tipo USB para la recarga de dispositivos móviles y un enchufe que permite cargar ordenadores portátiles, patinetes y otros dispositivos similares.



Figura 3. Palmera instalada en València

En una fase posterior, la empresa llevó a cabo una instalación de mayor complejidad y capacidad, capaz de generar la misma cantidad de energía que el consumo mensual de 66 hogares, o el equivalente al consumo de 200 personas. La instalación está ubicada en Avenida de las Cortes Valencianas, en un punto donde el caudal oscila entre 185 l/s durante las horas valle (por la noche) y 350 l/s en las horas punta, con una pérdida de carga aproximada de 15 mca (metros columna de agua). La hipótesis de diseño se centró en asegurar un funcionamiento continuo durante las 24 horas del día. En estas condiciones, la turbina tiene la capacidad de generar una potencia eléctrica de entre 16 y 24 kW. El rango de operación óptimo se sitúa entre un caudal de 180 a 220 l/s, con pérdidas de carga que varían entre 12 y 17 mca.



Figura 4. Turbina instalada en la AV. Cortes Valencianas.

La turbina está instalada en paralelo a la tubería principal mediante un bypass. El caudal de agua que la turbina transfiere continuamente se ajusta en función de la demanda, y reduce la presión de servicio a las necesidades del suministro en cada momento, dejando que la válvula reguladora de la tubería principal compense el resto.



Figura 5. Instalación situada en la Av. de las Cortes Valencianas (València).

A partir de estas aplicaciones iniciales, han surgido dos proyectos clave: AVI TURBINES (INNEST/2022/204 y INNEST/2022/196) y posteriormente, LIFE TURBINES. El primero, financiado por la Agència Valenciana de la Innovació (AVI), tuvo como objetivo optimizar las estrategias de regulación de los equipos de microgeneración, mejorando la madurez tecnológica de la solución y consolidando las tecnologías implementadas, lo que ha permitido establecer una base sólida para su futura expansión y despliegue.

Por su parte, el proyecto LIFE TURBINES busca catalizar el despliegue a gran escala de estas soluciones en las redes urbanas de abastecimiento, consolidándola como una tecnología sostenible, autónoma y descentralizada. Para ello, se ha planteado el desarrollo de una herramienta digital que facilite la selección y dimensionamiento de turbinas y bombas funcionando como turbinas (PAT, por sus siglas en inglés *Pump as Turbine*), optimizando el funcionamiento para maximizar la generación de energía en tiempo real según las condiciones de cada punto.

Este enfoque no solo busca mejorar la eficiencia energética, sino que también se alinea plenamente con la estrategia europea para la transición energética y el Pacto Verde Europeo (European Green Deal), que promueve la descarbonización de la economía a través del uso de energías renovables y la reducción de emisiones de CO₂ en sectores clave, como el suministro de agua. Además, LIFE TURBINES responde a los objetivos del paquete legislativo *Fit for 55*, que

busca reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 55 % para 2030, integrando tecnologías innovadoras y sostenibles que fomenten la transición hacia una economía neutra en carbono.

MATERIALES Y MÉTODOS

En la práctica convencional, los problemas de exceso de presión se solucionan con la instalación de válvulas reductoras presión u otros dispositivos de control, donde el exceso de presión se disipa en forma de calor, lo que supone un desperdicio de energía en muchos puntos de la red. El siguiente gráfico describe como se controla y regula la presión en la red de abastecimiento de la ciudad de València y su área metropolitana desde el Centro de Control de Abastecimiento ubicado en Vara de Quart (València).

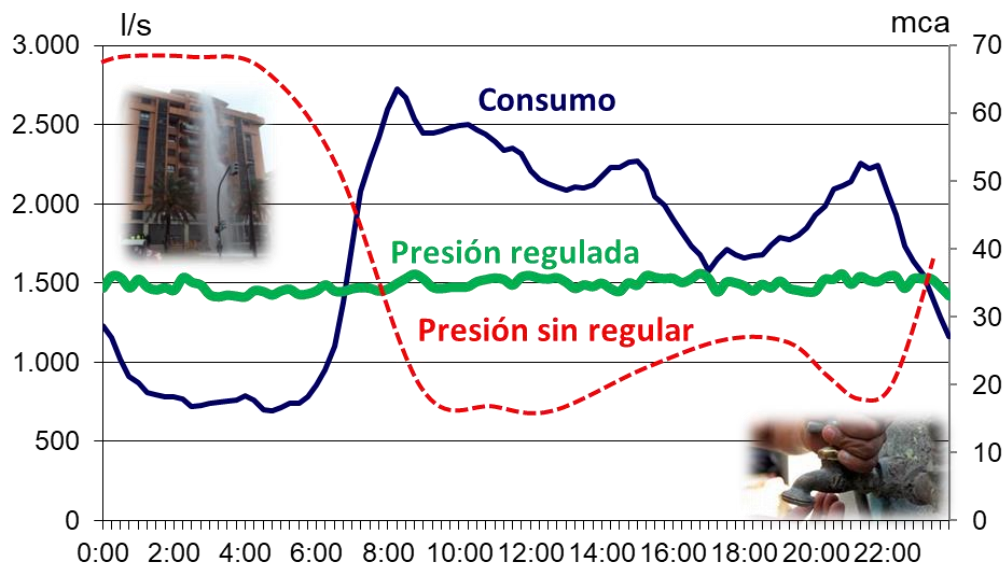


Figura 6. Grafica diaria de consumo y presión regulada y sin regular.

La serie de datos representada con una línea azul representa la curva de demanda del sistema. Esta curva de demanda tiene una modulación en la que se observan tres picos de consumo, que se refieren al pico de la primera hora de la mañana, un segundo pico a mediodía coincidiendo con la hora de la comida y el tercer pico cuando termina el día.

La serie de datos con una línea discontinua roja se plasma una hipotética presión del sistema si el Centro de Control de Suministro no existiese. Durante las horas valle, la presión en las zonas bajas sería demasiado elevada, lo que provocaría fugas y roturas en las tuberías. Por el contrario, en las horas de mayor demanda de la red, los consumos en las zonas altas no tendrían presión suficiente, lo que provocaría una falta de suministro.

La serie de datos representada por una línea verde hace referencia a la finalidad del Centro de Control de Suministro, mantener estable la presión de servicio considerando todas las variaciones de consumo que se dan en la red diariamente.

En la última década, han aparecido en el mercado equipos como PAT o turbinas que permiten aprovechar los excedentes de energía que se disipan en las redes de abastecimiento al mismo tiempo que contribuyen a regular la presión, sin comprometer el abastecimiento. Estos equipos utilizan la energía potencial que tiene el agua entre dos puntos de diferente altura piezométrica (la suma de la energía potencial y de la presión manométrica) y la transforman en energía mecánica.

La transformación de esa energía potencial y de presión en energía mecánica se realiza a través de las turbinas, por medio de la masa de agua en movimiento circulando por su interior. A su vez, esa energía mecánica que se produce en el eje de la turbina, acoplada a un generador eléctrico, se transforma en energía eléctrica.

La potencia que se puede obtener de una turbina hidráulica está expresada por la siguiente ecuación:

$$P = \eta * g * Q * H$$

Donde:

- P = potencia expresada en kW.
- η = rendimiento global del sistema (incluye pérdidas mecánicas y eléctricas de generación).
- g = aceleración de gravedad expresada en m/s^2 (igual a $9,81 m/s^2$).
- Q = caudal de agua expresada en m^3/s .
- H = salto o diferencia de alturas piezométricas (presión + cota) expresado en mca.

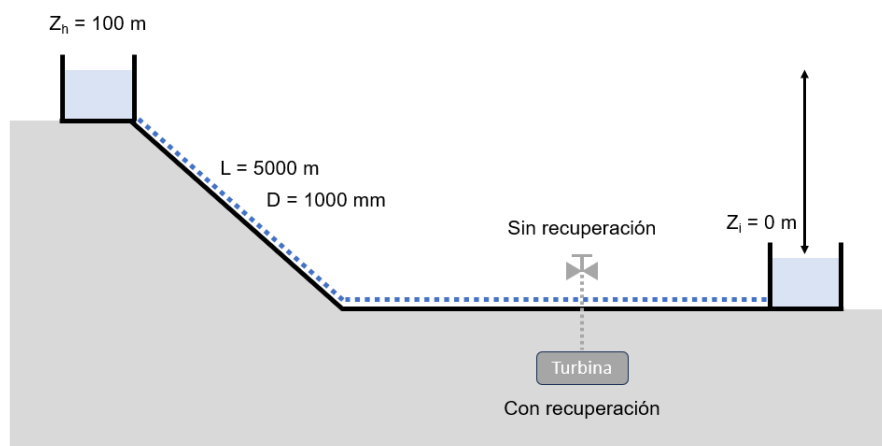


Figura 7 Ejemplo de salto hidráulico.

Aunque estas tecnologías se han probado ampliamente en casos con caudales y presiones casi constantes, no puede decirse lo mismo de los sistemas integrados en sistemas de distribución con caudales y presiones con consignas variables a lo largo del tiempo. En estos casos, el desarrollo de la selección, el diseño y la regulación del sistema está menos avanzado tanto

teóricamente como en su aplicación a casos reales. La experiencia de Global Omnium en la implementación de estos sistemas ha sentado las bases para el desarrollo y escalabilidad, ahora LIFE TURBINES, pretende ir más allá de las aplicaciones convencionales de recuperación de energía, maximizando el potencial de producción a largo plazo y optimizando la regulación hidráulica y eléctrica de estos dispositivos en redes urbanas con consignas variables en el tiempo.

Los pasos seguidos para abordar la instalación de equipos de recuperación de energía en redes de abastecimiento urbanas son los siguientes:

- Selección de la ubicación. En este punto se comparan los diferentes puntos con mayores pérdidas de carga en la red.
- Punto óptimo de funcionamiento. En este momento se estudia el punto de funcionamiento en los puntos más críticos, es posible que se elija el punto que produzca más energía o el que mejor se adapte a las necesidades de la red.
- Selección de la turbina en función de las necesidades.

Otro aspecto fundamental en el desarrollo de estas aplicaciones de recuperación de energía es la integración del software y la gestión de datos. Gracias a la implementación de algoritmos avanzados en el Controlador Lógico Programable (PLC, por sus siglas en inglés de *Programmable Logic Controller*), es posible lograr una regulación automática basada en patrones predefinidos que garantizan la seguridad de la instalación. Este sistema permite el control local o remoto de las estaciones y la operación automática de la turbina según los requerimientos de la red hidráulica, asegurando una respuesta eficiente y ajustada a las variaciones del sistema.

En este sentido LIFE TURBINES se centra en desarrollar una metodología que facilite la recuperación de energía de manera inteligente y optimice la eficiencia de las máquinas. Esta iniciativa pretende consolidar la tecnología como una solución sostenible, autónoma y descentralizada para satisfacer las demandas energéticas de la población. Esto se logrará a través del desarrollo de una herramienta digital que permitirá la selección y dimensionamiento óptimo de turbinas y PAT, garantizando modos de operación capaces de suministrar la máxima energía en tiempo real según la demanda de cada punto de la red. Además, la herramienta proporcionará a los gestores y promotores la capacidad de seleccionar el sistema hidroeléctrico comercial más adecuado para su instalación y definir el modelo de explotación más rentable.

RESULTADOS ESPERADOS

La implementación de turbinas y la optimización de la regulación de presión representan un paso clave hacia una gestión energética sostenible y una reducción de las emisiones en las redes de abastecimiento urbano. LIFE TURBINES catalizará el despliegue de instalaciones de recuperación de energía en redes de agua potable a gran escala, aplicando diferentes casos prácticos con distintos caudales, saltos de presión, tipo de turbina a utilizar, e incluso el uso de la energía final. El objetivo es demostrar que se puede producir energía hidroeléctrica en cualquier punto en el que exista una diferencia de presión. El proyecto se llevará a cabo en cuatro lugares diferentes de España e Italia.



Figura 8. Casos de estudio del proyecto LIFE TURBINES.

Caso de estudio 1. Tortosa.

En el sector de La Ribera, en Tortosa (Cataluña, España), existe actualmente una válvula reductora de presión que será sustituida por una turbina para aprovechar la energía disipada y actuar como elemento regulador de la red. Está previsto que se desarrolle un proceso participativo en las escuelas, de modo que los más jóvenes de la ciudad sean quien decidan en cómo se utilizará la energía generada en este caso de estudio.

Involucrar a las nuevas generaciones en estas decisiones no solo fomenta su compromiso con la transición ecológica, sino que también los hace partícipes activos en la creación de un futuro más sostenible y resiliente, reforzando su conciencia sobre el valor de las energías renovables y su papel en la lucha contra el cambio climático.

Caso de estudio 2. València.

El segundo caso de estudio se da en la ciudad de València (España), donde se actuará en varios sectores hidráulicos. La energía media generada en 9 de los 1º puntos gira entrono al 1 KWh, en estos nueve puntos se instalarán 2 fuentes de agua potable, filtrada y refrigerada, 2 palmeras para recarga de dispositivos electrónicos y se actuará en 5 puntos de entrada a sectores donde la energía obtenida se utilizará para mejorar la transmisión de datos, el autoconsumo y la gestión de presiones en la red de distribución de agua potable de la ciudad.

Por último, se abordará el abastecimiento de agua potable del barrio de Benimàmet, donde existe un pozo de riego al que recientemente se le ha incorporado un sistema de tratamiento basado en filtración y desinfección mediante hipoclorito y ultravioleta. El pozo cuenta con una

válvula de regulación muy próxima que será sustituida por una turbina capaz de generar casi 4 kWh para alimentar el bombeo del pozo.

Caso de estudio 3. Scansano.

Scansano es un municipio de la provincia de Grosseto, región de la Toscana (Italia), con unos 4.600 habitantes. En la red de abastecimiento de este municipio existe una válvula de control, que actualmente mantiene una presión mínima aguas arriba. Esta válvula se sustituirá por una turbina que aproveche el potencial eléctrico generando casi 43 kWh de energía.

La válvula existente se encuentra en una zona rural rodeada de fincas, granjas y bodegas. La energía generada por la turbina se utilizará para consolidar una comunidad energética que alimentará los establecimientos rurales y empresas de agroturismo de los alrededores.

Caso de estudio 4. Área metropolitana de Valencia.

El área metropolitana de València está formada por 48 municipios que rodean la ciudad. En esta zona se producen grandes cambios de caudales y presiones. Precisamente en las inmediaciones de la Feria Internacional de Muestras, el salto hidráulico hace posible la instalación de una turbina que regule la presión y que aproveche la energía generada.

Dada las características del punto, se prevé que se pueda generar una energía eléctrica de 74 kWh. Esta energía se utilizará para la instalación de puntos de recarga de vehículos eléctricos, ya que su ubicación tan próxima a la feria, lo convierte en un lugar estratégico. Al ser un punto con tanto potencial hidráulico, cuando no se utilicen los cargadores, la energía se destinará al autoconsumo del sistema de suministro.

LIFE TURBINES está comprometido con la movilidad y transporte sostenible y pretende explotar el potencial que brinda la energía cinética del sistema de distribución de agua potable, en zonas urbanas. Con el desarrollo de LIFE TURBINES se pretende generar un total de 995.486,4 kWh al año de energía renovable y evitar así la emisión de 257,81 toneladas al año de CO₂ equivalente.

CONCLUSIÓN

La sociedad en general se enfrenta a un proceso a medio plazo en el que se manifestarán progresivamente los efectos del cambio climático. Las respuestas de mitigación difícilmente serán adecuadas y eficaces sin la participación activa de las personas y comunidades afectadas o capaces de dar respuesta a los riesgos identificados. En este sentido, los procesos de mitigación deben contemplar fórmulas adecuadas que permitan la implicación de la sociedad en el diagnóstico, la definición de objetivos, la identificación o diseño de medidas, su aplicación y la evaluación del proceso.

LIFE TURBINES tiene un doble reto: optimizar una tecnología de generación de energía renovable ampliamente probada, válida, eficiente y sostenible y promover los efectos sociales y medioambientales positivos derivados del uso de este tipo de energía. Este proyecto pretende demostrar que todos los cambios, por pequeños que sean, suman en la transformación de las ciudades, que el potencial de energía hidráulica y su uso en las redes de abastecimiento dentro de las ciudades es posible y que la energía hidráulica no sólo se puede obtener de grandes presas

o embalses. Contribuir a la transformación de nuestras ciudades en ciudades climáticamente neutras es un compromiso que está en manos de todos los ciudadanos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto tiene sus bases en el proyecto financiado por la Agència Valenciana de la Innovació (AVI) INNEST/2022/196 y INNEST/2022/2024 y está actualmente cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa LIFE con el número de expediente 101113749 – LIFE22-CCM-ES-LIFE TURBINES.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Wachsmuth, J., Duscha, V., Eckstein, J., Herbst, A., Ploetz, P., Duwe, M., ... & Guidehouse, K. (2022). The European Commission's 2050 Vision "A clean planet for all"—Implications for Sector Strategies and Climate Governance. Climate Change, 17.