

05-022

The LIFE REWIND project: renewable electricity for the wine industry, with hydrogen production to replace diesel in agricultural machinery

Javier Carroquino Oñate¹; Nieves García-Casarejos¹; Pilar Gargallo¹; Jesús Yago²; Javier García-Ramos¹

¹Universidad de Zaragoza; ²Intergia energía sostenible S.L.;

Incorporating renewable energy is a way to obtain sustainability in economic activities. It is possible to generate electricity from renewable resources at the same point of consumption, although it requires specific sizing techniques. Especially in off-grid systems, a detailed study of energy demand is needed. Moreover, it is also necessary to study the substitution of diesel, not only for mobility and transport, but also for agricultural machinery. In this context, the European project LIFE REWIND shows the technical and economic feasibility of on site energy generation from renewable resources, for agricultural activities, carrying out a demonstration in the wine sector. The approach to a specific sector allows for the establishment of common characteristics and to facilitate the replication of the proposed solutions. This paper shows various aspects of the project, such as its internal organization, technical and demonstrative means, prototypes and even the study of environmental and socioeconomic impacts. The results show that it is possible to avoid both the indiscriminate extensions of the electricity grid as the diesel generator sets. It also shows the technical possibility of using the surplus energy for on site hydrogen production, using it on the same farm for agricultural machinery or mobility.

Keywords: Renewable energy; Photovoltaic; Hydrogen; Irrigation; Fuel cell; LIFE project

Proyecto LIFE REWIND: electricidad renovable para el sector vitivinícola, con producción de hidrógeno para sustituir al gasóleo en maquinaria agrícola

La incorporación de energía renovable es una vía para obtener sostenibilidad en las actividades económicas. Es posible generar electricidad desde recursos renovables en el mismo punto de consumo, aunque requiere técnicas específicas de dimensionado. Especialmente en sistemas aislados, se necesita un detallado estudio de la demanda energética. Igualmente ha de estudiarse la sustitución del gasóleo, no sólo en movilidad y transporte sino también en la maquinaria agrícola. En ese contexto, el proyecto europeo LIFE REWIND muestra la viabilidad técnica y económica de suministrar la energía mediante generación in situ desde fuentes renovables en las actividades agrarias, tomando como caso demostrativo el sector vitivinícola. El enfoque a un sector concreto permite establecer características comunes y facilitar la replicación de las soluciones propuestas. En este artículo se muestran diversos aspectos del proyecto, como su organización interna, los medios técnicos y demostrativos, los prototipos e incluso el estudio de los impactos ambientales y socioeconómicos. Los resultados muestran que es posible evitar las extensiones indiscriminadas de la red eléctrica y los grupos generadores diésel. También se muestra la posibilidad técnica de emplear la energía excedentaria para producir in situ hidrógeno y utilizarlo en movilidad o maquinaria en la misma explotación.

Palabras clave: Energía renovable; Fotovoltaica; Hidrógeno; Riego; Pila de combustible; Proyecto LIFE

Correspondencia: Javier Carroquino Oñate javier.carroquino@unizar.es

Agradecimientos: Los autores agradecen al programa LIFE de la Comisión Europea su soporte financiero al proyecto LIFE+REWIND



Este obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 Internacional. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

1. Introducción

En el contexto actual de búsqueda de sostenibilidad y descarbonización de la economía, la sustitución de los combustibles fósiles por el uso de energía renovable cobra especial prioridad. En cuanto a la red eléctrica, esta transición puede hacerse mediante sustitución de la generación térmica dentro del sistema centralizado. Aún más, la incorporación del autoconsumo no sólo permite incorporar una mayor fracción de generación renovable, sino que además reduce las pérdidas de transporte y los costes de distribución. Este autoconsumo requiere producir la energía en el punto de consumo, bien sea en una instalación conectada a la red o aislada de ella. Sin embargo, la generación in situ para autoconsumo presenta requerimientos técnicos muy diferentes que los de la generación para venta a red, especialmente en el caso de sistemas no conectados a la red (aislados). Una de las principales diferencias consiste en la necesidad de un diseño completamente orientado a las características de la propia demanda a satisfacer. Así, procede un estudio específico para cada caso concreto. Un avance importante sería el estudio de tipologías específicas por sectores de actividad, que probablemente permitiría identificar líneas comunes para facilitar su adaptación concreta. En esta hipótesis trabaja el proyecto LIFE REWIND “Sistemas rentables de energía renovable de pequeña escala en la industria agroalimentaria y las áreas rurales: una demostración en el sector vitivinícola”, cuyo nombre corto en inglés es “*Renewable energy in the wine industry*”. El acrónimo procede de él, como *Renewable Energy in the Wine INDustry*, dando como resultado “REWIND”.

El programa LIFE es el instrumento financiero de la Unión Europea de apoyo a los proyectos medioambientales, de conservación de la naturaleza y de acción por el clima. Concretamente, LIFE REWIND tiene una duración de 37 meses y un presupuesto de 1.562.994 €, cofinanciado por la Comisión Europea.

Figura 1: Energía en medio rural. Generadores diésel, extensiones de la red y maquinaria a gasóleo



En las actividades agrarias objeto del proyecto, la energía utilizada se obtiene principalmente de tres formas (Figura 1): extensiones de la red eléctrica, generadores diésel in situ y gasóleo para maquinaria agrícola y movilidad. Las tres presentan considerables impactos ambientales, de emisiones o paisajísticos. Por todo ello, el empleo de energía renovable producida in situ reportaría grandes ventajas ambientales (Schneider y Smith, 2009). En este sentido, el proyecto LIFE REWIND se alinea con el cumplimiento de los objetivos medioambientales de la Europea.

2. Objetivos

El objetivo final del proyecto LIFE REWIND es demostrar que, en el sector agropecuario y la industria rural, el uso de energías renovables es viable técnica, medioambiental y económicamente tomando como demostrador el sector vitivinícola. Adicionalmente, promover su uso como opción habitual. También se pueden concretar varios objetivos que facilitarán la replicación de las soluciones propuestas, sirviendo así al cumplimiento de los objetivos medioambientales de la unión Europea.:

- Sistematizar la información sobre los recursos renovables y la demanda energética del sector e identificar los parámetros clave para facilitar su uso futuro.
- Desarrollar una aplicación informática de diagnóstico de viabilidad, de aplicación a cualesquiera casos concretos en el ámbito agropecuario.
- Desarrollar una aplicación informática de dimensionado técnico que venza las limitaciones de los métodos actuales.
- Demostrar y validar los resultados en un caso concreto del sector vitivinícola, con prototipos de sistemas de energía renovable en viña y bodega.
- Difundir ampliamente el proyecto y los resultados.

3. Metodología

Aunque el proyecto busca aplicación en el sector agrario y agroalimentario en general, se ha tomado como demostrador el sector vitivinícola. Esta decisión, de carácter estratégico, se ha tomado por las magníficas características de dicho sector y su amplia implantación en España y sur de Europa, siendo además el cultivo de la vid representativo de otros cultivos mediterráneos.

Entre las claves de la metodología aplicada en el proyecto se encuentran:

- La aplicación de tecnologías existentes de forma innovadora.
- La demostración de la viabilidad y su aplicación en un caso concreto.
- La demostración de que las soluciones propuestas se puede replicar y generalizar.
- La evaluación de los resultados económicos, sociales y ambientales.
- La difusión del proyecto y los resultados, facilitando su diseminación.

Para mostrar convenientemente el proyecto, es necesario prestar atención tanto a la forma en que éste se ha organizado para asegurar su correcto progreso, como a los métodos técnicos empleados durante su ejecución.

3.1 Organización y gestión del proyecto

El proyecto se realiza en España. Los trabajos se desarrollan principalmente en Zaragoza y los prototipos demostradores se han instalado en Barbastro (Huesca). La recogida de datos se hace principalmente en el sector vitivinícola español. La difusión incluye España y los países meridionales de la Unión Europea, principalmente Francia, Portugal, Gran Bretaña, Italia y Grecia. De forma esquemática y simplificada, puede decirse que existen cuatro fases temporales consecutivas en el mismo:

1. Fase preparatoria. Incluye la puesta en marcha del sistema de gestión y del equipo de trabajo, la recogida de datos para el diseño y dimensionado de los prototipos y la difusión de la existencia del proyecto.
2. Fase de implementación de los prototipos. Incluye el diseño y montaje de los prototipos.
3. Fase de operación de los prototipos. Incluye la operación de los prototipos y toma de datos de funcionamiento.
4. Fase de análisis y diseminación de resultados.

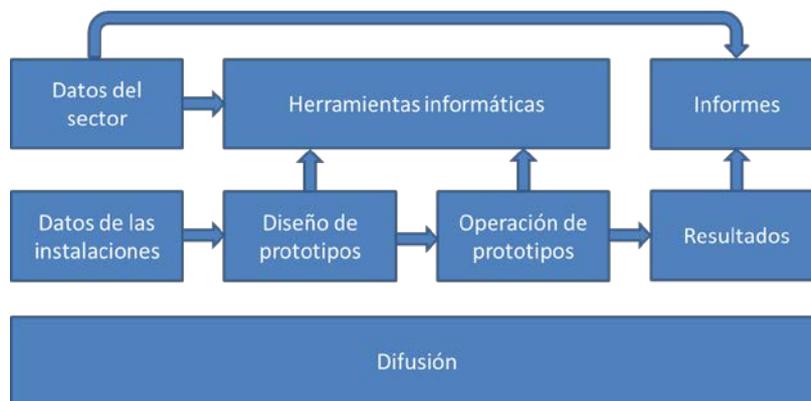
Otras actividades se desarrollan a lo largo de toda o gran parte de la duración del proyecto, como el desarrollo de las herramientas informáticas, el *Networking*, el seguimiento de los impactos ambientales y socioeconómicos, etc. El cronograma inicialmente previsto para las principales acciones se muestra en la Figura 2.

Figura 2: Cronograma inicialmente previsto del proyecto

Número de la acción	Acción Nombre de la acción	2014				2015				2016				2017			
		I	II	III	IV												
A. Acciones preparatorias																	
A.1	Recogida y procesado de datos de partida			X	X												
B. Acciones de implementación																	
B.1	Desarrollo de dos herramientas informáticas			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X				
B.2	Diseño y construcción de la parte hidrógeno de los prototipos			X	X	X	X										
B.3	Diseño y construcción de los prototipos (parte eléctrica)			X	X	X	X										
B.4	Operación de los prototipos							X	X	X	X						
B.5	Evaluación de resultados												X	X			
C. Monitorización de los impactos del proyecto																	
C.1	Seguimiento del impacto medioambiental			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
C.2	Impacto socioeconómico sobre la población y la economía locales			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D. Acciones de comunicación y diseminación																	
D.1	Difusión y comunicación			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
D.2	Cursos extraordinarios de verano Universidad de Zaragoza						X				X					X	
E. Gestión y monitorización del proyecto																	
E.1	Gestión general del proyecto			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E.2	Networking			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E.3	Medición y evaluación del progreso del proyecto			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
E.4	Auditoría																X
E.5	Acciones post-LIFE																X →

Existen interdependencias entre las acciones, lo que requiere diversos flujos de información entre los equipos de trabajo de las diversas actividades, mostrándose los principales en la Figura 3. Las actividades de difusión reciben interacciones de todas las demás.

Figura 3: Flujo de transferencia de información entre actividades



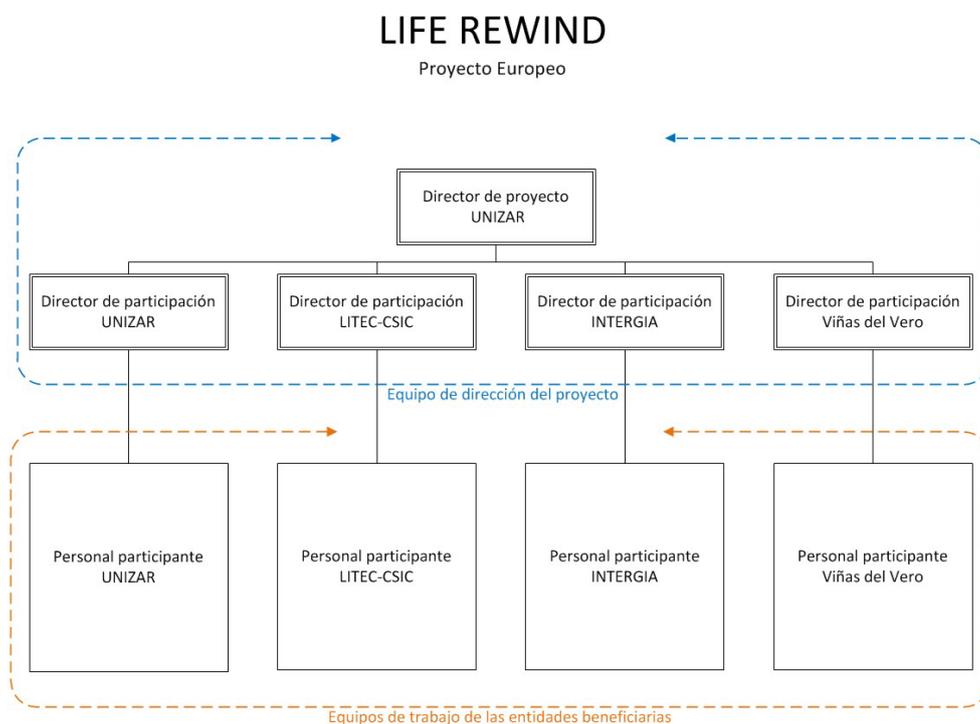
El consorcio que realiza el proyecto está compuesto por:

- Universidad de Zaragoza, socio coordinador.
- Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), a través del Laboratorio de Investigación en Fluidodinámica y Tecnologías de la Combustión (LIFTEC).
- Intergia Energía Sostenible S.L., ingeniería especializada en energía en el medio rural.
- Viñas del Vero S.A., empresa vitivinícola del grupo González Byass.

La elección de estos socios se ha hecho estrictamente pensando en la eficacia del proyecto. Por una parte, se ha buscado la presencia de tres perfiles netamente diferenciados: investigación, ingeniería aplicada y empresa del sector. En aras de la máxima operatividad, existe proximidad física y ausencia de redundancias entre los participantes.

Se ha constituido un comité de dirección del proyecto y, para acometer cada acción, se ha designado un socio como líder y responsable. En casi todas las acciones se han configurado equipos de trabajo transversales, con presencia de personas de procedentes de los distintos socios del consorcio. El organigrama se muestra en la figura 4. El director o coordinador tiene dedicación completa al proyecto y la administradora del mismo a media jornada. Las reuniones del comité de dirección son trimestrales, existiendo además múltiples reuniones y contactos para cuestiones concretas, con participación determinada en función de sus objetivos y necesidades.

Figura 4: Organigrama del equipo de trabajo



3.2 Recogida y procesado de datos

Atendiendo al ámbito de aplicación, se ha de recabar información sobre el sector vitivinícola, sobre su uso de energía y sobre los recursos renovables en sus diversas ubicaciones. Esto permitirá identificar características comunes, posicionar un caso de estudio concreto como modelo demostrativo y determinar las posibilidades de replicación. El estudio con el objetivo de optimizar el uso de energía renovable y proponerlo como alternativa viable requiere datos de:

- Recursos renovables disponibles: se obtienen de mediciones in situ en un cierto número de ubicaciones mediante estaciones de sensores (Figura 5), así como de sistemas de información geográfica e incluso de referencias bibliográficas.

Figura 5: Estación de sensores ubicada en viñedo San Marcos (Viñas del Vero)



- Demanda energética de las instalaciones estudiadas: se obtienen de mediciones in situ efectuadas en cierto número de instalaciones y de los consumos eléctricos y de gasóleo registrados por diversas empresas del sector. También se recaban, mediante entrevistas y cuestionarios con los gestores de las instalaciones datos cualitativos respecto a necesidades, usos habituales y posibilidades de gestión de la demanda.
- Parámetros objetivos (técnicos, económicos, reglamentarios, etc.)
- Parámetros subjetivos de los agentes implicados (usos, actitudes, etc.).

Se ha considerado importante obtener datos tanto objetivos como subjetivos de los propietarios o gestores de las instalaciones del sector vitivinícola. Esto incluye cuestiones tales como la disposición a incorporar energía renovable, sus incentivos y frenos, la gestionabilidad de los sistemas, etc. Para ello se ha elaborado una encuesta entre el sector vitivinícola español. El objetivo de esto es conocer la penetración de las energías renovables dentro del sector vitivinícola español, caracterizar el sector en cuanto a sus tipologías geográficas, sus niveles de actividad, su percepción acerca de aspectos medioambientales, su grado de aplicación de medidas tendentes a mitigar el cambio climático o mejorar la eficiencia energética, y sus usos y consumos energéticos.

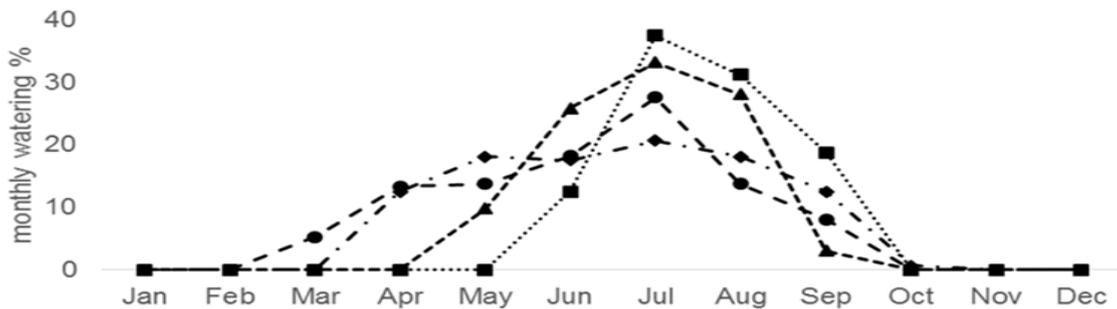
La metodología propuesta para llevar a cabo este estudio se ha realizado en tres etapas. Una primera fase de carácter exploratorio, mediante entrevistas semiestructuradas y dirigidas que se usaron como prueba del cuestionario o pre-test. Una segunda etapa en la que se ha elaborado el cuestionario definitivo y se ha diseñado el tipo de muestreo. Y una tercera fase que se ha dedicado al análisis estadístico de los datos proporcionados por la encuesta con el fin de extraer conclusiones y poder tomar decisiones acertadas. Con el fin de simplificar al máximo el procedimiento de muestreo pero conservando la representatividad de la muestra, se decidió utilizar un muestreo aleatorio simple y, posteriormente, una estratificación por comunidad autónoma. Una explicación detallada de la metodología empleada en las encuestas, así como de los resultados, será objeto de una publicación específica.

3.3 Dimensionado y diseño del sistema de generación

El caso de estudio y los correspondientes prototipos se ubican en las instalaciones de Viñas del Vero, para donde se han de encontrar y aplicar las mejores técnicas disponibles. Este caso de estudio corresponde a las tipologías habituales de los dos entornos donde se desarrollan las actividades consumidoras de energía: el viñedo y la bodega.

En el viñedo se han identificado dos usos energéticos principales. Uno de ellos es el bombeo de agua para riego (Carroquino, Dufo-López y Bernal-Agustín, 2013), tanto para extracción como elevación o presurización al sistema de goteo, aunque existen zonas donde no se riega la vid. El otro es el diésel para maquinaria agrícola y movilidad del personal. Las instalaciones que utilizan bombas para extraer agua e impulsarla en los sistemas de riego, por su ubicación, son muy frecuentemente aisladas de la red y recurren a generadores diesel para su alimentación. En la figura 6 se muestra el perfil de la demanda hídrica anual, mes a mes, de cuatro diferentes instalaciones de riego ubicadas en diferentes zonas de Aragón. En cada caso, la demanda energética guarda una relación prácticamente constante con la demanda hídrica.

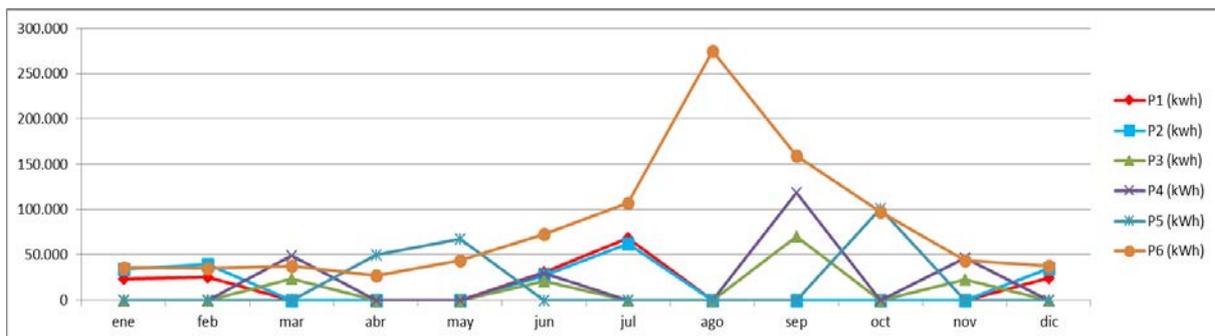
Figura 6: Demanda hídrica de cuatro instalaciones de riego



(Fuente: elaboración propia)

En cuanto a la bodega, el principal consumo es de electricidad para refrigeración, embotellado, pequeños bombeos y oficinas, incluida a menudo la climatización de éstas. La calefacción puede ser mediante electricidad o combustibles. En algunos casos, existen estaciones depuradoras del agua residual de la propia bodega, como en el caso de estudio que nos ocupa, con su correspondiente demanda de energía eléctrica. En la figura 7 se muestra el perfil de la demanda eléctrica anual, mes a mes y por períodos de facturación, de la bodega del caso de estudio.

Figura 7: Demanda energética de la bodega del caso de estudio



(Fuente: elaboración propia)

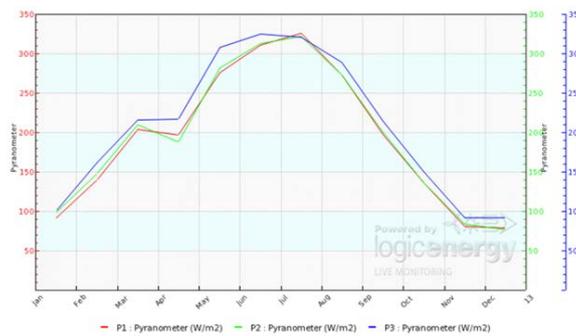
Una vez caracterizada la demanda, se precisan los datos de los recursos solares disponibles, tanto eólico (Figura 8) como solar (Figura 9).

Figura 8: Velocidad media mensual del viento a 30 m en tres viñedos de Aragón



(Fuente: elaboración propia)

Figura 9: Irradiación solar media mensual sobre plano horizontal en tres viñedos de Aragón



(Fuente: elaboración propia)

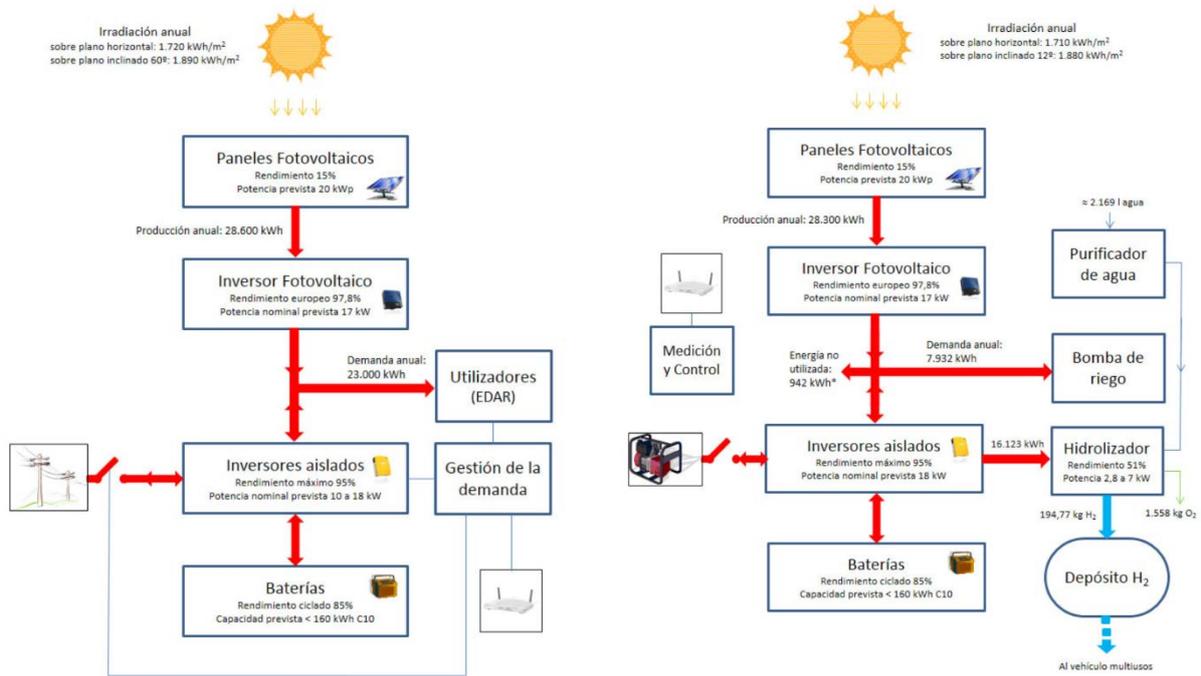
El dimensionado de los sistemas de generación se ha realizado con el software iHOGA, que utiliza algoritmos genéticos (Bernal-Agustín y Dufo-López, 2009), mediante un proceso de simulaciones y optimizaciones en busca de soluciones óptimas económicamente, medioambientalmente o multiobjetivo. El coste de la energía se ha comparado según su LCE (*Levelized Cost of Energy*) (Short, Packey y Holt, 2005).

Dado que la demanda energética de riego se concentra en los meses centrales del año y que el almacenamiento en baterías a largo plazo no es viable, en el prototipo de viñedo se ha optado por emplear la energía excedentaria en la producción de hidrógeno mediante electrolisis del agua. Este hidrógeno podría sustituir al gasóleo en las aplicaciones de maquinaria agrícola o de movilidad de personal en la propia explotación. Como demostrador, se ha transformado un vehículo todo terreno eléctrico incorporándole una pila de combustible, depósitos de hidrógeno y los sistemas de control necesarios.

Figura 10: Pila de combustible tipo PEM (*Proton Exchange membrane*) durante su fabricación en el laboratorio LIFTEC (CSIC)

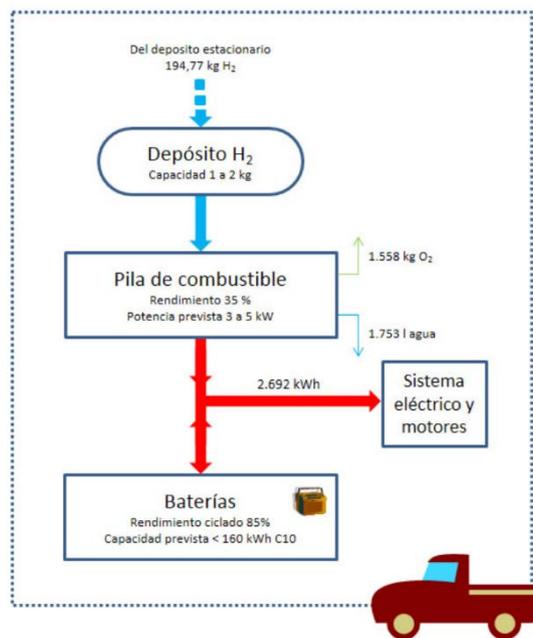


Figura 11: Esquemas de bloques de los diseños de los prototipos de bodega (izquierda) y viñedo (derecha)



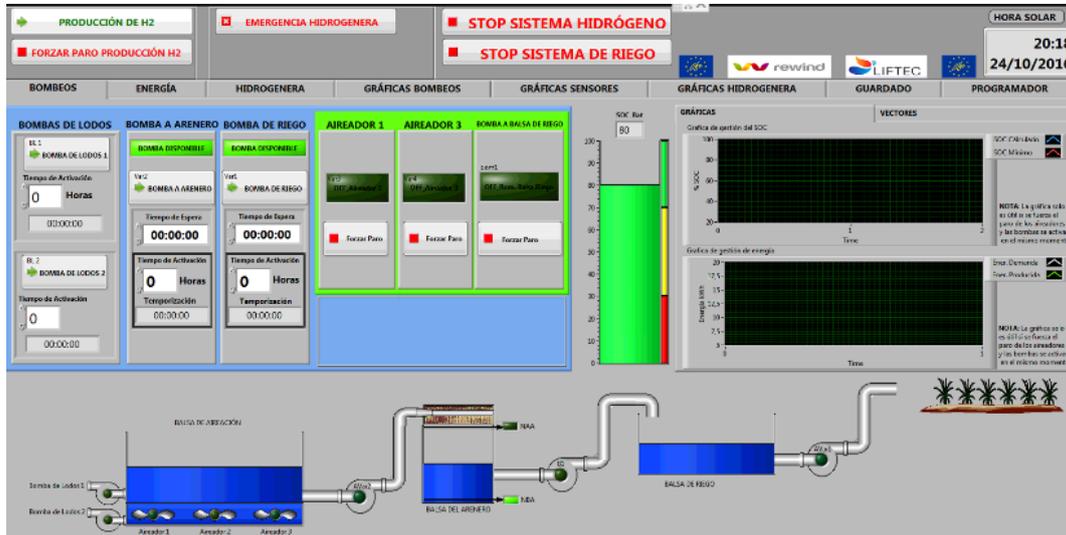
Toda la parte eléctrica de los prototipos, a excepción del vehículo, está basada en arquitectura de bus trifásico a 400 V 50 Hz. Los esquemas de bloques correspondientes a los diseños de los prototipos de campo y bodega se muestran en la Figura 11 y el del vehículo con pila de combustible en la Figura 12.

Figura 12: Esquema de bloques del vehículo con pila de combustible



Para el control de las cargas y la gestión de energía del sistema, aspecto clave en los sistemas aislados, se construye un sistema automático y gestionable de forma remota, una de cuyas pantallas se muestra en la figura 13. Incorpora predicción del estado futuro de energía en las gráficas negras que se observan en la parte derecha de la imagen.

Figura 13: Pantalla de una de las pestañas del sistema de gestión de cargas y energía



3.4 Análisis del impacto socioeconómico sobre la población y economía locales

Se desea evaluar el impacto socioeconómico sobre la población y sociedad local en los territorios implicados en el proyecto. Se ha explorado la metodología existente, revisando diversas opciones de entre las utilizadas para la evaluación de impactos socioeconómicos, no existiendo una alternativa única consolidada y resultando algunas no idóneas.

Tabla 1. Grupos de interés para cuantificación del impacto socioeconómico

		Composición
Personas	Habitantes de la comarca	
	Visitantes	
	Trabajadores de la comarca	
	Consumidores de los productos de la empresa	
Empresas	Clientes	Bodegas vitícolas en la zona
	Proveedores	Otras empresas susceptibles de instalar energías renovables
		Servicios: alojamientos, restauración, comercio...
Instituciones	Públicas	Materiales para sistemas energéticos renovables
	Privadas	Diputación, comarca, ayuntamientos
	Comunidad Científica	Asociaciones: empresarios, consumidores
		Centros de formación
		Centros de Investigación

Para evaluar el impacto en los grupos de interés se ha determinado que la metodología apropiada es el método de valoración contingente. Este método se incluye entre las formas

de valoración directa, en concreto por encuesta, e intenta medir en unidades monetarias los cambios en el nivel de bienestar de las personas y la satisfacción de las empresas e instituciones implicadas, debidos a la puesta en marcha de sistemas más respetuosos con el medio ambiente, en nuestro caso, el proyecto LIFE REWIND. La Tabla 1 muestra los grupos de interés identificados, a los que se va a consultar.

3.5 Análisis del impacto medioambiental

Para medir el impacto medioambiental, se compara la situación inicial, concretamente uso de sistemas convencionales (red eléctrica, grupo electrógeno y vehículo diésel) con la nueva situación (sistema fotovoltaico y vehículo de pila de combustible de hidrógeno).

Se identifica y caracteriza la situación ex ante y ex post a la instalación de los prototipos del proyecto, en lo relativo a sus impactos ambientales, tanto en bodega (red eléctrica) como en viñedo (generación diésel) y movilidad (vehículo todo terreno). Se establecen los parámetros de control medioambiental:

- Emisiones de CO₂, SO₂ y NO_x por kWh.
- Reducción anual de lubricantes y filtros.
- Niveles de ruido en el entorno durante la operación del sistema [dB]

Se identifican los coeficientes de paso de los vectores energéticos: electricidad de la red y gasóleo. Se calculan los valores iniciales de los parámetros de control y las emisiones en función de los coeficientes de paso anteriores. Finalmente se calculan las emisiones evitadas y la reducción de ruido y se calculan las emisiones producidas durante la fabricación de los módulos FV.

3.6 Difusión

Para alcanzar los objetivos del proyecto, especialmente en lo relativo a la diseminación y replicación, las acciones de difusión se constituyen en muy relevantes dentro del conjunto. Se pueden enumerar, entre otras:

- Creación de imagen del proyecto: logotipo, formatos de comunicaciones, notas de prensa.
- Los prototipos se conciben para una utilización demostrativa: visitables, dotados de paneles informativos, folletos entregables a los visitantes.
- Prototipos visitables por internet: servidor de gráficos y estadísticas, ordenador de control, cámaras web motorizadas y de alta definición, etc.
- Presentaciones públicas, con posibilidad de conexión remota a los prototipos.
- Artículos a diferentes niveles: gran público, técnico (sectorial, energético, etc.) y científico.
- Docencia: conferencias en grados y másteres relacionados.
- Organización de tres cursos extraordinarios de Universidad.

Para facilitar la replicación, se crean dos herramientas informáticas. Una de diagnóstico de viabilidad, para primer diagnóstico técnico y económico de cada caso concreto. Otra de dimensionado técnico: para facilitar la replicación del diseño del sistema en ingeniería.

4 Prototipos

El prototipo utiliza generación fotovoltaica, en tres montajes distintos (Figura 14) que permiten efectuar comparaciones técnicas y mostrar diferentes soluciones. Merece mención especial

el conjunto flotante, especialmente diseñado para su utilización en balsas de riego con fuertes variaciones de nivel y alto aprovechamiento de la superficie.

Figura 14: Los tres campos fotovoltaicos: suelo, flotante en balsa y sobre seguidor solar



El cuarto técnico que alberga los equipos eléctricos (Figura 15, izquierda) se encuentra separado de la zona de generación de hidrógeno por una ventana de seguridad, que permite mostrar el equipo de purificación de agua, el electrolizador y el compresor de membrana sin tener que acceder a su interior. Ambas zonas están climatizadas. El depósito de hidrógeno a 200 bar, así como el sistema de repostaje se encuentran al exterior, para mayor seguridad (Figura 15, derecha).

Figura 15: Cuarto eléctrico (izquierda) y depósito y repostaje de hidrógeno (derecha)



Un vehículo todo terreno eléctrico, apto para desplazarse en el viñedo, ha sido modificado incorporándole una pila de combustible, depósitos de hidrógeno y los sistemas de control necesarios. El resultado es un vehículo totalmente limpio (Figura 16), cuyo único residuo de funcionamiento es agua de alta pureza, resultado de la recombinación del hidrógeno con oxígeno. Así, tanto la generación de energía eléctrica como la producción de hidrógeno, su repostaje y utilización se hace en el propio viñedo.

Figura 16: Vehículo eléctrico dotado de pila de combustible



5. Resultados y conclusiones

Por no estar aún disponibles los resultados definitivos, así como por su previsible extensión, su publicación exhaustiva será objeto de varias publicaciones futuras, en los ámbitos energéticos, medioambientales, agrarios y socioeconómicos. Sin embargo, se pueden mencionar algunas líneas que aparecen claramente en los datos ya disponibles:

1. La mayor parte de las instalaciones del sector vitivinícola y otros agrarios corresponden a un número limitado de tipologías con características comunes, lo que concuerda con la hipótesis de la oportunidad de un estudio orientado a sectores concretos.
2. La satisfacción de la demanda energética de las instalaciones estudiadas puede hacerse mediante energía renovable de forma técnicamente satisfactoria.
3. El recurso solar es el que mejor se adapta al perfil, marcadamente estacional, de la demanda de las instalaciones de riego.
4. Los sistemas de generación híbridos fotovoltaico-diésel pueden resultar idóneos en muchos de los casos estudiados, tanto económicamente como por emisiones de CO₂.
5. Los sistemas 100% fotovoltaicos resultantes presentan una considerable fracción de energía excedentaria, que puede ser utilizada para otros fines.
6. Mientras que los sistemas fotovoltaicos o híbridos pueden llegar a ser rentables según los casos, la producción y uso de hidrógeno es técnicamente viable pero todavía económicamente inadecuada para aplicación comercial.
7. En el caso de la normativa española, el autoconsumo conectado a la red se ve innecesariamente complicado y penalizado.
8. En el sector vitivinícola, las soluciones propuestas permitieran reducir las emisiones de CO₂ asociadas al proceso y al producto.

En cuanto al desarrollo interno del proyecto, su organización y gestión ha resultado muy eficaz, superando las incidencias surgidas de forma muy satisfactoria. En este sentido, se pueden extraer las siguientes experiencias:

- La proximidad geográfica de los participantes ha permitido una gestión interna muy ágil.
- Ha sido muy necesario disponer de un coordinador con dedicación absoluta al proyecto.
- Las estructuras administrativas externas no están orientadas a la gestión de proyectos.
- España existen dificultades para obtener permisos y autorizaciones para acciones de I+D.

6. Referencias

Bernal-Agustín, J. L., & Dufo-López, R. (2009). Efficient design of hybrid renewable energy systems using evolutionary algorithms. *Energy Conversion and Management*, 50(3), 479–489.

Carroquino, J., Dufo-López, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2015). Sizing of off-grid renewable energy systems for drip irrigation in Mediterranean crops. *Renewable Energy*, 76, 566–574.

Schneider, U. A., & Smith, P. (2009). Energy intensities and greenhouse gas emission mitigation in global agriculture. *Energy Efficiency*, 2(2), 195–206.

Short, W., Packey, D., & Holt, T. (2005). A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies. *University Press of the Pacific*, 2, 120.