

NEWSLETTER N°1

# LANZAMIENTO DEL PROYECTO IMPROVEMENT

IMPROVEMENT-Integración de Refrigeración  
Combinada, Microrredes de calefacción y energía  
en energía cero Edificios Públicos bajo Alta  
Calidad de Energía y Requisitos de continuidad  
del servicio

Co-Funded by the Interreg SUDOE programme of  
the European Union Grant Number SOE3/P3/E901





## REUNIÓN DE LANZAMIENTO DEL PROYECTO IMPROVEMENT EN CÓRDOBA

El proyecto **"INTEGRACIÓN DE MICRORREDES DE GENERACIÓN COMBINADA DE CALOR, FRÍO Y ELECTRICIDAD EN EDIFICIOS PÚBLICOS DE CONSUMO CERO BAJO CRITERIOS DE ALTA CALIDAD Y CONTINUIDAD DE SERVICIO"**, IMPROVEMENT, cofinanciado por el Programa **INTERREG SUDOE** dentro del Eje Prioritario 3, Economía Baja en Carbono, fue lanzado oficialmente el 15 de enero de 2020 en la sede de la Universidad de Córdoba.

El proyecto **IMPROVEMENT** está constituido por un consorcio de 9 entidades: Además del Centro Nacional del Hidrógeno, CNH2 como principal beneficiario del proyecto, con el resto de socios beneficiarios están el Laboratorio Nacional de Energía y Geología de Portugal (LNEG), la Escuela Nacional de Mecánica y Aerotecnia (ENSMA), la Universidad de Córdoba, la Universidad de Castilla-La Mancha, la Universidad de Perpignan Via Domitia, el Instituto Técnico Superior de Lisboa; la Agencia Andaluza de la Energía, y la Dirección General de Energía, Consejería de Hacienda y Financiación Europea de la de la Junta de Andalucía. Además de este consorcio, hay ocho beneficiarios asociados de tres países de la Región SUDOE: Green Power Technologies S.L; NEC RENOVABLES S.L; Hospital Comarcal de la Axarquía; Ingeniería Solar; Agencia Regional de la Energía Climate Occitanie; Agencia Regional de Energía y Medio Ambiente del Algarve; Asociación Plataforma de Construcción Sostenible; y Comunidad Intermunicipal del Algarve.

### Objetivo principal del proyecto

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de los elementos necesarios para el despliegue de una nueva generación de microrredes renovables para el suministro de energía térmica (calefacción y refrigeración) y eléctrica. Esta tecnología permitirá mejorar la calidad y continuidad del suministro eléctrico, aspectos fundamentales en edificios en los que predomina el equipamiento de alta tecnología, que además conlleva un elevado consumo energético en electricidad, calefacción y aire acondicionado. Ejemplos de este tipo de edificios son hospitales, centros de investigación o estaciones de transporte, entre otros.

### Más información

El desarrollo del proyecto se centra en una microrred basada en un sistema avanzado de gestión de la energía, con almacenamiento híbrido apoyado en hidrógeno, baterías y ultracondensadores. Además, técnicas de control basadas en el control predictivo basado en el modelo(MPC) se aplicarán al sistema para garantizar la correcta integración de los sistemas de energía renovable y la mejora de la eficiencia energética de los edificios públicos para su transformación en Edificios de Energía Casi Nula (nZEB).

El **proyecto piloto IMPROVEMENT** propone implementar y validar las soluciones desarrolladas en 2 plantas piloto. Una de ellas consiste en una plataforma experimental de microrredes ubicada en las instalaciones del CNH2 en Puertollano (Ciudad Real) en la que se prueban e integran las diferentes soluciones y técnicas innovadoras.

La otra planta piloto se lleva a cabo en Lisboa, bajo la dirección del Laboratorio Nacional de Energía y Geología (LNEG), con el apoyo del Instituto Técnico Superior de Lisboa (IST), que integra los sistemas de generación de calor/refrigeración renovables en una microrred para la conversión de un edificio público existente en uno de balance energético cero.

Además, la Universidad de Córdoba se encarga de desarrollar un sistema de control de potencia para microrredes con altos requerimientos de calidad de energía basado en una red de sensores inteligentes IoT (Internet of Things). Paralelamente, la Universidad de Córdoba colabora con la Universidad de Castilla La Mancha que desarrolla electrónica de potencia específica.

La Dirección General de Industria, Energía y Minas de la Consejería de Hacienda y Financiación Europea participa en el consorcio, analiza el marco normativo proponiendo las recomendaciones necesarias para facilitar su adopción en la región; y la Agencia Andaluza de la Energía, que estudia la aplicabilidad y requisitos de las soluciones propuestas, participa en su validación, una vez desarrolladas, y elabora planes específicos para implementar los resultados del proyecto a través de la Red de Energía de la Junta de Andalucía (Redeja).



Por otro lado, la Escuela Nacional Superior de Mecánica y Aerotecnia y la Universidad de Perpignan Via Domitia UPVD se encargan del desarrollo del sistema de gestión de energía para microrredes con almacenamiento híbrido bajo criterios de mínima degradación y priorización del consumo renovable, mediante la implementación de algoritmos avanzados que incluyen precios de la energía, generación de energía y herramientas de previsión del consumo energético.



## VISITA TÉCNICA AL HOSPITAL DE LA AXARQUÍA EN MÁLAGA.

**El día siguiente, 16 de enero de 2020, se dedicó a visitar las instalaciones del Hospital de la Axarquía,** que participa como beneficiario asociado. Los técnicos del Área Sanitaria Málaga-Axarquía destacaron la importancia de este proyecto para el desarrollo de las energías renovables en Andalucía.

Integrado en la Red de Energía de la Junta de Andalucía (REDEJA), el hospital malagueño simulará las mejores soluciones alcanzadas en este proyecto, para convertirlo en un edificio de balance energético cero, utilizando componentes pasivos (marquesinas, ventanas eficientes, aislamiento y orientación adecuados) y activos (climatización eficiente, suelos radiantes ...), e incorporando los sistemas avanzados de gestión y almacenamiento de energía desarrollados en el proyecto europeo **IMPROVEMENT**.

## PLANTA PILOTO DEL CENTRO NACIONAL DE EXPERIMENTACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE HIDRÓGENO Y PILAS DE COMBUSTIBLE

La **planta piloto CNH2** tiene dos partes principales, por una parte, la microrred eléctrica y por otra un sistema térmico.

Como ya sabemos, debido a la crisis sanitaria, el año 2020 fue un año algo complicado para el desarrollo de las plantas piloto debido a la dificultad de estar presente en los diferentes laboratorios.

A pesar de ello, se pudo trabajar en diferentes avances de la microrred eléctrica, llevando a cabo el desarrollo de los diferentes algoritmos de control que dotarán de inteligencia a la microrred.



Una vez que se pudo empezar a asistir al centro donde está instalada la planta piloto y la microrred eléctrica, se realizaron diferentes pruebas para verificar el correcto funcionamiento de los diferentes equipos de electrónica de potencia (inversores, convertidores...) y su integración en la microrred.

Dentro del sistema térmico, se avanzó de forma más conceptual, analizando y revisando los diferentes requisitos que eran necesarios para poder complementar este sistema con la microrred eléctrica. En concreto, se buscaron diferentes proveedores de material de cambio de fase (PCM) y una empresa capaz de realizar la instalación del sistema de recuperación de calor geotérmico.



## ENTREVISTA: TRES PREGUNTAS A LOS SOCIOS

### Felix García Torres PhD, Responsable del Laboratorio de Microrredes hasta Agosto de 2021

El Doctor Félix García Torres, recibió su título de Ingeniero Industrial en la especialidad de Electricidad en 2004, por la Universidad de Sevilla, obteniendo el doctorado por la misma Universidad en 2015, con la tesis "Control avanzado de microrredes de generación renovable con almacenamiento híbrido de energía". Su trayectoria profesional ha estado siempre vinculada a la investigación relacionada con las energías renovables y el almacenamiento de energía. Comenzó a trabajar en la Universidad Católica de Occidente en Angers (Francia), realizando un sistema SCADA para una microrred de generación de calor y electricidad en 2004, posteriormente se incorporó al Laboratorio de Energías Renovables perteneciente al Instituto de Automática Industrial del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, donde trabajó en diferentes proyectos como el proyecto Estratégico Intramural del CSIC para la Generación de Hidrógeno mediante soluciones acuosas con sacarosa y el Desarrollo de Possible House, en la Plaza OIKOS-Agua y

Energía en la Expo de Zaragoza 2008.

Trabajó en la empresa spin-off de la Universidad de Sevilla, GreenPower Technologies. Coincidiendo con la creación del Centro Nacional del Hidrógeno, se incorporó en 2009, formando parte del equipo inicial de Ingenieros encargados de crear la Instalación Científica Técnica Singular del Centro Nacional del Hidrógeno,

**¿Cuáles fueron las razones por las que el Centro Nacional del Hidrógeno decidió participar en el proyecto de mejora?**

El Proyecto **IMPROVEMENT** nace como una iniciativa conjunta del Centro Nacional del Hidrógeno (CNH2) y el Grupo de Electrónica Industrial e Instrumentación de la Universidad de Córdoba, liderado por el Doctor Antonio Moreno, centrado en aplicaciones electrónicas avanzadas para mejorar la calidad del suministro.

Se detectó el potencial de acoplar la autonomía que podría proporcionar el hidrógeno con la necesidad de una infraestructura avanzada para la gestión de la energía en los edificios, donde las pérdidas de calidad y continuidad del suministro podrían llevar a situaciones de criticidad.

En los últimos años se han desarrollado numerosos proyectos para mejorar la eficiencia energética de los edificios e integrar en ellos las energías renovables. Sin embargo, todavía hay pocos proyectos relacionados con la problemática de la integración de los recursos energéticos distribuidos (DER) en el sentido más amplio, en entornos donde predominan los equipos de alta tecnología, las llamadas "cargas críticas".

Este tipo de entornos son siempre particulares debido a la extrema sensibilidad de estos equipos a las perturbaciones eléctricas. Para consideraciones científicas en universidades y centros tecnológicos, así como, por razones sanitarias en hospitales y por razones de seguridad en instalaciones militares, estaciones de ferrocarril o aeropuertos, la calidad de la energía y la continuidad del suministro deben ser consideradas como aspectos fundamentales.

Asimismo, como carácter diferenciador y característico del ámbito del SUDOE, este tipo de instalaciones se caracterizan por un elevado consumo energético para calefacción en los meses de invierno y para aire acondicionado en los meses de verano.

Ante el reto tecnológico de mejorar la eficiencia energética de este tipo de edificios y basar su consumo en energías renovables manteniendo la calidad y continuidad del servicio que el equipamiento tecnológico de este tipo de emplazamientos requiere, se plantearon las tres líneas de actuación fundamentales del proyecto IMPROVEMENT

- 1) Mejorar la eficiencia térmica de este tipo de edificios públicos a través de la producción de calefacción y refrigeración y la incorporación de técnicas activas/pasivas para edificios de nulo consumo de energía.
- 2) Mejorar la calidad de la energía y la fiabilidad del suministro en los edificios públicos con cargas críticas mediante desarrollando un sistema de control de potencia resistente a fallos para microrredes con un control activo del punto neutro y el despliegue de una red de sensores de calidad sensores de calidad de la energía IoT.
- 3) Integrar sistemas avanzados de gestión de la energía de energía para microrredes renovables con un sistema de almacenamiento de energía bajo criterios de mínima degradación, mínimo coste de uso del sistema de almacenamiento sistema

de almacenamiento y maximización del consumo de energía limpia.

### ¿Qué aportará este proyecto a España y al CNH2?

El hidrógeno en sí mismo es un vector energético. Con esto, se puede tener la mejor pila de combustible o el mejor electrolizador, o la forma más eficiente de generar hidrógeno que si no se buscan soluciones de aplicación final. Tanto España, como el sur de Francia o Portugal, que es el espacio SUDOE, se ha caracterizado por tener un alto recurso tanto solar como eólico, lo que siempre le ha dado un papel pionero en energías renovables.

El proyecto **IMPROVEMENT** busca precisamente desarrollar una tecnología pionera y claramente disruptiva a la vez que cercana al mercado para la generación de empleo, riqueza y posicionamiento tecnológico en el ámbito de la transición energética, buscando el protagonismo del hidrógeno como sistema de almacenamiento, dado que su densidad energética permite largos periodos de autonomía energética en caso de pérdida de suministro eléctrico sin requerir grandes espacios para el almacenamiento de energía, como ocurriría si la solución se basara únicamente en baterías.

### ¿Cuál es la situación actual de los nZEB y el hidrógeno en España?

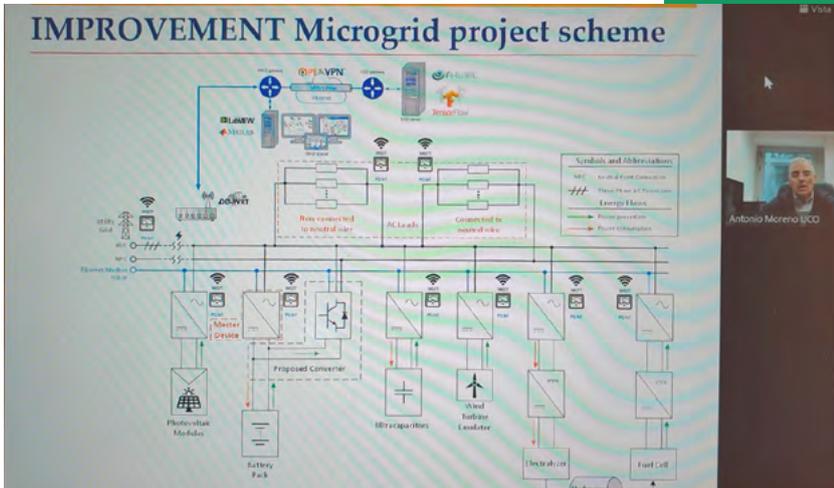
En los edificios públicos existe un importante potencial de ahorro energético que, sin embargo, no se está llevando a cabo con la importancia que debería. En cada uno de ellos se consume energía para satisfacer las necesidades de calefacción, refrigeración, disponibilidad de agua caliente sanitaria, ventilación, iluminación, cocina, lavado, conservación de alimentos, ofimática, etc. La suma de estos consumos representa el 20% del consumo de energía final en España, un porcentaje que además tiende a aumentar.

En la actualidad, alrededor del 75% del parque de edificios de la UE es ineficiente desde el punto de vista energético. Esto significa que una gran parte de la energía consumida se desperdicia. La renovación de los edificios ya en uso podría reducir el consumo total de energía en la UE entre un 5 y un 6% y reducir las emisiones de dióxido de carbono en torno a un 5%. A pesar de ello, cada año se renueva una media de menos del 1% del parque inmobiliario nacional renovado cada año (según los Estados miembros, los porcentajes oscilan entre el 0,4% y el 1,2%).

En conjunto, los edificios son responsables del 40% del consumo energético de la UE y del 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero, generadas

principalmente durante su construcción, uso, renovación y demolición.

Por lo tanto, la mejora de la eficiencia energética de los edificios será decisiva para el ambicioso objetivo de alcanzar la neutralidad en carbono establecido para 2050 en el Pacto Verde Europeo.



**CONFERENCIA INTERNACIONAL SOBRE ENERGÍAS RENOVABLES EN LÍNEA/ROME, NOVIEMBRE DE 2020**

Foto de la presentación en la conferencia internacional ICREN sobre Energías Renovables

**La Universidad de Córdoba ha presentado el Proyecto de IMPROVEMENT durante la Conferencia Internacional de Energías Renovables, el 25 de noviembre de 2020.**

El 25 de noviembre de 2020, la Universidad de Córdoba participó en la Conferencia Internacional de Energías Renovables, ICREN 2020, en la que presentó los resultados del proyecto Improvement en una conferencia plenaria titulada: IoTbased submetering for DSM- DR applications in Energy Smart Appliances. La conferencia contó con 500 participantes de todo el mundo. Se trata de una reunión anual que se celebra en diferentes países, inicialmente dentro de Europa, destacando Asia, Oriente Medio, África y América Latina como regiones objetivo de la conferencia.

Los trabajos se han desarrollado en el marco del proyecto Improvement integración de microrredes de generación combinada de calor, frío y electricidad en edificios públicos de consumo cero bajo criterios de alta calidad y continuidad de servicio, financiado por el programa Interreg SUDOE de la Unión Europea Número de subvención SOE3/P3/E901.

**Más información:**

**Link al meeting:** <https://premc.org/conferences/icren-renewable-energy/>

**PUBLICACIONES TÉCNICAS DE LOS SOCIOS**

**Nos gustaría compartir con la Comunidad Improvement algunas de las publicaciones relativas al Proyecto Improvement**

- 1. "Optimización Cooperativa de microrredes en red para soporte de red Servicios de Flexibilidad usando Control Predictivo de Modelos" en transacciones IEEE en Smart Grid, vol. PP, no. PP, pag. PP-PP, doi: 10.1109/TSG.2020.3043821.  
**Fecha de publicación:** 2020/12/14  
**Sumario:**  
 La transición hacia sistemas de energía totalmente

renovables requerirá aumentar el número de reservas a disposición de los operadores del sistema para proporcionar flexibilidad en el proceso de gestión de la energía. La capacidad de las microrredes de integrar recursos energéticos distribuidos, cargas y sistemas de almacenamiento de energía (ESS) se presenta como una poderosa herramienta de flexibilidad. Sin embargo, el problema de control asociado a las microrredes aumenta con el número de dispositivos conectados. Se propone una estructuración de las redes de distribución en redes de microrredes, centrándose en su capaci-

dad para proporcionar servicios de flexibilidad. La complejidad del algoritmo de optimización asociado se afronta utilizando el Control Predictivo de Modelos Distribuido (MPC). El algoritmo se divide en dos pasos. El primero se aplica a la participación cooperativa de las microrredes en el mercado diario. El segundo paso abarca la interacción con el SO que ofrece servicios de flexibilidad a cambio de un beneficio financiero. El beneficio financiero se reparte de forma óptima entre las microrredes conectadas a la red para satisfacer el perfil de potencia solicitado por el SO al menor coste. Como el algoritmo de control propuesto presenta variables tanto continuas como binarias, su problema de optimización asociado se formula utilizando el marco de la Dinámica Lógica Mixta (MLD), que da lugar a un problema de Programación Cuadrática Integral Mixta (MIQP).

- 2. Javier Tobajas, Pedro Roncero-Sanchez, Antonio Moreno-Muñoz, Angel Saez, Ana Estanqueiro, Stéphane Grieu, Ladjel Bellatreche, Rui Costa Neto, Ana Rodríguez, Emilio Nieto, "Integración de microrredes de generación combinada de calor, frío y electricidad en edificios públicos de consumo cero bajo criterios de alta calidad y continuidad de suministro" - Seminario Anual de Automática, Electrónica Industrial e Instrumentación- Annual Seminar on Automation, Industrial Electronics and Instrumentation (SAAEI 2020)

**Fecha de publicación:** 2020/09/02

**Sumario:**

El objetivo de este trabajo es presentar las líneas fundamentales del proyecto IMPROVEMENT (SOE3/P3/E0901), cofinanciado por el Programa Interreg SUDOE y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER). El principal objetivo del proyecto es afrontar el desafío de la integración de energías renovables y mejorar la eficiencia energética en los edificios públicos en los cuales, debido a su campo de actividad, la calidad y la continuidad de suministro deben ser considerados aspectos fundamentales (Hospitales, Centros de Investigación, Instalaciones Militares, Estaciones de Transporte). Estos edificios públicos tienen un gran consumo de energía para electricidad, calefacción y climatización. Por ello, el proyecto propone su reconversión a Edificios de balance energético Cero (nZEB) mediante la integración de microrredes de generación combinada de frío, calor y electricidad con, control activo del neutro y uso de sistemas híbridos de almacenamiento de energía tanto eléctrica como térmica.

- 3. Felix Garcia-Torres, Carlos Bordons, Javier Tobajas, Juan Jose Marquez, Joaquin Garrido-Zafra and Antonio Moreno-Munoz, "Optimal Schedule for Networked Microgrids under Deregulated Power Market Environment using Model Predictive Con-

trol", in IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 12, no. 1, pag. 182-191.

**Fecha de publicación:** 2020/8/19

**Sumario:**

Las microrredes se consideran una tecnología clave para la introducción de sistemas de energía renovable en el mercado eléctrico. Sin embargo, las microrredes están sujetas a condiciones aleatorias como cambios en la previsión de energía o fallos de componentes que obligarán a las microrredes a incurrir en los costes de penalización aplicados en los mercados en tiempo real. Con el fin de minimizar los costes mencionados, un sistema de gestión de la energía (EMS) óptimo para la de una red de microrredes interconectadas con un sistema híbrido de almacenamiento de energía (ESS) en condiciones de fallo se desarrolla y valida utilizando el Control Predictivo de Modelos (MPC). El algoritmo está específicamente diseñado para conseguir menores pérdidas económicas en condiciones de fallo mediante el establecimiento de un mercado local de energía en la red de microrredes que participando en los mercados intradiarios o de tiempo real.

- 4. F.Garcia-Torres, S.Vazquez, C.Bordons, I.Moreno-Garcia, A.Gil, P.Roncero-Sanchez, "Power Quality Management of Interconnected Microgrids using Model Predictive Control", International Federation on Automatic Control World Congress 2020.

**Fecha de publicación:** 2020/7/13

**Sumario:**

En este trabajo se gestiona la calidad de la energía de las microrredes interconectadas mediante una metodología de Control Predictivo basado en el Modelo (MPC) que manipula los convertidores de potencia de las microrredes con el fin de alcanzar los requisitos. El algoritmo de control se desarrolla para los modos de trabajo de las microrredes: conectado a la red, en isla e interconectado. Los resultados y las simulaciones también se aplican a la transición entre los diferentes modos de trabajo. Para mostrar el potencial del algoritmo de control se realiza un estudio comparativo con los controladores clásicos basados en la modulación proporcional-integral de ancho de pulso (PI-PWM). El algoritmo de control propuesto no sólo mejora la respuesta transitoria en comparación con los métodos clásicos, sino que también muestra un comportamiento óptimo en todos los modos de trabajo, minimizando el contenido de armónicos en la corriente y la tensión incluso con la presencia de sistemas de tensión y corriente trifásicos no equilibrados y no libres de armónicos.

- 5. Félix García-Torres; Joaquin Garrido-Zafra, Aurora Gil-de-Castro, Rafael Savariego-Fernandez, Matias Linan-Reyes, Antonio Moreno-Munoz, "A novel Microgrid Responsive Appliance Controller", in 2020 IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2020 IEEE Industrial

and Commercial Power Systems Europe (EEEIC/I&CPS Europe)

**Fecha de publicación:** 2020/6/9

**Sumario:**

Debido a la miriada de dispositivos y cargas que se recogen bajo los Sistemas de Gestión Energética de Edificios Comerciales (EMS) enfocados al paradigma de la Industria 4.0, es importante asegurar su correcto funcionamiento eléctrico. La calidad de la energía aquí requiere un enfoque de monitorización granular, llegando a un punto en el que cada dispositivo conectado a la microrred pueda diagnosticar que su suministro de energía es óptimo. En caso contrario, puede participar cooperativamente en la toma de decisiones para evitar fallos o apagones en la microrred. En este trabajo, presentamos un novedoso controlador para que los aparatos inteligentes respondan a la red, ya sea de forma autónoma o gestionada bajo políticas de Respuesta a la Demanda. Aparte de un TRIAC que actúa como interruptor de CA, la principal ventaja

reside en su sensor de calidad de energía integrado en el Internet de las cosas (IoT). Mide un amplio espectro de perturbaciones eléctricas, superando con creces las capacidades de otras soluciones como el Grid Friendly Appliance Controller, por lo que es posible personalizar una batería de alarmas a voluntad, siguiendo, por ejemplo, según la norma IEEE-1547. Además, aunque puede actuar de forma autónoma, su misión principal será la de actuar de forma coordinada, ya sea de forma cooperativa o bajo la supervisión del SGA. También se presenta la plataforma IoT donde se incorporaría el controlador. Por último, se presentan dos casos prácticos para mostrar sus capacidades. Con la integración en la microrred de estos sistemas de medición distribuida, con conectividad inalámbrica y bajo protocolos de comunicación estándar, se dará un paso más en el desarrollo de la Plataforma Energética Digital, y la mejora de la calidad del consumo por parte del usuario, así como de los sistemas de soporte de información para contadores inteligentes.

**Para más información sobre el  
PROYECTO IMPROVEMENT  
por favor consulte nuestra página web:**

<https://www.improvement-sudoe.es/>

**IMPROVEMENT - IMPROVEMENT-Integración de Refrigeración Combinada, Microrredes de calefacción y energía en energía cero Edificios Públicos bajo Alta Calidad de Energía y Requisitos de continuidad del servicio es un proyecto co-financiado por el Programa Interreg Sudoe Programa de la Unión Europea Número de Subvención SOE3/P3/E901**

