

PROYECTO AMPERIA - SISTEMA INTEGRADO DE VIRTUAL POWER PLANT CON ALMACENAMIENTO ENERGÉTICO INTELIGENTE

Xavier Benavides, CTO, Ampere Energy
Ignacio Benítez, Project Manager, Ampere Energy

Resumen: El proyecto Ampería propone el desarrollo de una Virtual Power Plant formada por la agregación de sistemas inteligentes de almacenamiento energético distribuido, cuyo uso principal es el autoconsumo en instalaciones de uso residencial que incorporan generación fotovoltaica. El objetivo es poder aprovechar los servicios que el almacenamiento podría proporcionar, no sólo al cliente final, sino a la red eléctrica de forma agregada, combinando los usos actuales de estos equipos para el peak shaving y gestión inteligente de carga y descarga en función de las tarifas de discriminación horaria, con servicios complementarios a la red eléctrica, como son la regulación de frecuencia y tensión, y el poder realizar ofertas de capacidad agregada en el mercado de la energía. El proyecto Ampería comenzó en enero de 2017 y finalizará en 2019, y está cofinanciado por el CDTI y los Fondos FEDER.

Palabras clave: Almacenamiento Energético, Servicios Complementarios, Autoconsumo, Virtual Power Plant, Agregador, Mercados Energéticos.

INTRODUCCIÓN

Una VPP o Virtual Power Plant es un conjunto de aplicaciones tecnológicas que permiten un consumo y generación inteligente de la energía mediante la gestión centralizada de un conjunto de recursos distribuidos, como cargas gestionables, generadores de energía, de origen renovable o no, y almacenamiento energético. Estos sistemas de almacenamiento energético actuarán como una reserva estabilizadora de energía, que permitirá almacenar y suministrar energía en función de las necesidades de la VPP. Mediante esta gestión centralizada de recursos distribuidos se dispone, además, de una visión global de la capacidad de recursos de energía en todo momento, pudiendo optarse por ofertar los excedentes disponibles de energía en distintos mercados de balance energético, que contribuyen a mantener la calidad de la señal en los rangos de tensión y frecuencia, y también a disminuir la huella de carbono, por la explotación de recursos energéticos cercanos geográficamente y la maximización del autoconsumo con energía renovable, principalmente fotovoltaica.



Figura 1. Interior de los sistemas inteligentes de gestión energética de Ampere Energy, donde se observa el inversor, la batería y el Energy Management System junto a sus protecciones.

La empresa Ampere Energy tiene por objeto el desarrollo, implementación y fabricación de sistemas integrados de gestión y acumulación de energía para el autoconsumo, principalmente para viviendas unifamiliares o para pequeñas empresas, combinado con instalaciones de generación renovable, en especial de paneles solares fotovoltaicos.

Los equipos de Ampere Energy, como se puede ver en la Fig. 1, llevan integrados un inversor híbrido, para conectar la batería y una instalación de fotovoltaica, la propia batería de iones de Litio y el EMS o Energy Management System desarrollado por la propia empresa, que tiene la misión de planificar la carga y descarga de la batería durante el día de forma óptima, aprovechando al máximo la energía solar generada para el autoconsumo, y además teniendo en cuenta los precios de tarifa de discriminación horaria contratada por el cliente. El algoritmo de control del EMS realiza la carga de la batería cuando hay excedente de energía solar o cuando el precio de la energía es más barato. Realiza la descarga de la batería para el autoconsumo en aquellas horas del día en que el precio de la energía es más caro, todo ello en función de las previsiones realizadas sobre el consumo individual del usuario y la previsión de generación, cargando durante la noche de la red si es necesario. De esta forma se consigue aprovechar toda la capacidad de la batería y la generación solar para obtener un ahorro considerable en la factura de energía eléctrica que paga el usuario final por la energía consumida de la red eléctrica. La Fig. 2 muestra este comportamiento.

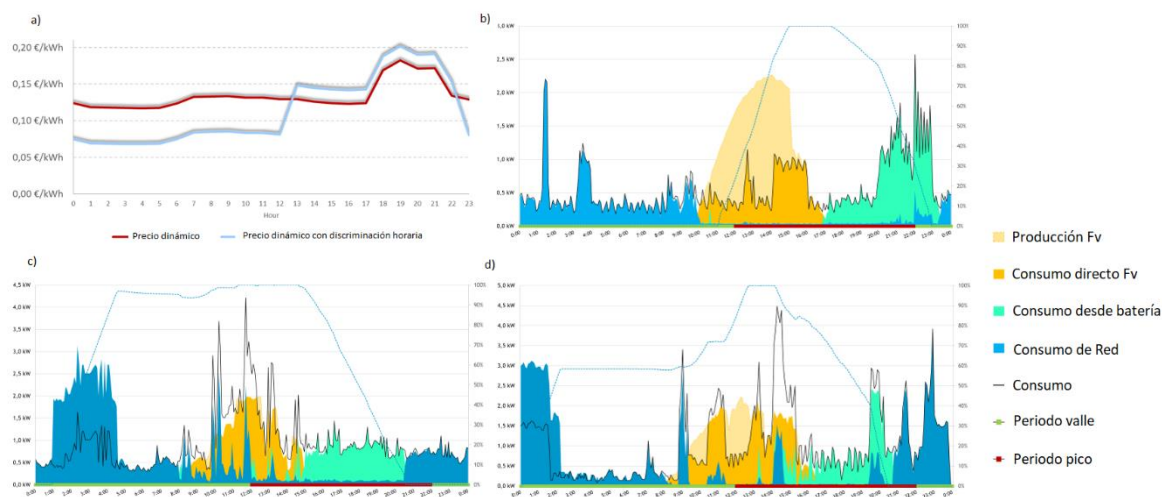


Figura 2. Ejemplo de funcionamiento de los sistemas Ampere Energy, a) Precios dinámicos y con discriminación horaria del mercado, a) Funcionamiento con previsión de generación suficiente para cubrir demanda, c) d) Funcionamiento con previsión de generación no suficiente para cubrir demanda y precarga en precio mínimo.

EL PROYECTO AMPERIA

El proyecto Amperia tiene por objetivo el desarrollo de un sistema integrado de VPP mediante la agregación de sistemas distribuidos de generación renovable con acumulación inteligente que forman parte del *portfolio* actual de los productos de Ampere Energy. Para poder acometer el desarrollo de una VPP es necesario trabajar en un Sistema de Control Global que actúa como coordinador de todos sistemas de almacenamiento distribuidos. Como parte de este proyecto se propone el desarrollo de este Sistema de Control Global, así como de un Sistema Inteligente de Almacenamiento Energético basado en baterías con tecnología de Lítio-Ion, que esté permanentemente comunicado con el Control Global, de forma que dichos sistemas sean capaces de actuar de forma coordinada cuando el Sistema de Control Global les requiera una modificación en su comportamiento previsto.

Con el desarrollo del proyecto Amperia se persigue ampliar los servicios que actualmente ofrecen los sistemas de almacenamiento a los consumidores o prosumidores (*prosumers*) para otros agentes, como la nueva figura del Agregador, el cual puede ofrecer en mercados de servicios complementarios las capacidades individuales agregadas de un conjunto de estos sistemas (Fitzgerald et al., 2015). La participación en estos mercados permite obtener un beneficio económico para el prosumidor, por el uso de la capacidad extra disponible de su instalación.

Para la consecución de estos resultados se definen una serie de objetivos técnicos específicos, con una fuerte componente de innovación, entre los que se encuentra el Sistema de Control Global ya mencionado anteriormente. Estos objetivos técnicos son los siguientes:

- El estudio y desarrollo de modelos específicos de negocio y explotación del futuro sistema VPP Amperia.

- Desarrollo de funciones de coste de todas las aplicaciones de las baterías que incluyan el envejecimiento estimado por uso (*cycling*) y por tiempo (*aging*) de las mismas.
- Desarrollo de modelos de estimación de envejecimiento de la batería.
- Desarrollo e implementación de algoritmos de control óptimo multiobjetivo local y de un Sistema de Control Global que tiene en cuenta las funciones de coste, así como el envejecimiento de la batería.
- Desarrollo de protocolos de comunicaciones adecuados a los requerimientos de envío de información y capacidad de procesamiento.
- Desarrollo de tecnología *blockchain* para los registros de transferencia de energía y beneficios por servicios.
- Desarrollo de plataforma software *cloud* para alojar el controlador global y la gestión del sistema.
- Desarrollo de plataforma que permita las transacciones directas entre usuarios (*Peer to Peer trading*)
- Desarrollo de entorno de simulación software y en laboratorio para ensayos previos al piloto.
- Implantación de ensayo piloto real en zona residencial.
- Desarrollo de metodología para evaluar y validar el funcionamiento de la VPP.

Los trabajos de desarrollo se están llevando a cabo por la propia Ampere Energy con la ayuda de tres centros de investigación: la Universitat Jaume I de Castelló (UJI), la Universitat Politècnica de València (UPV) y el Instituto Tecnológico de la Energía (ITE). A continuación, se describen brevemente estos trabajos y los resultados conseguidos.

Modelado y simulación

Se han desarrollado distintos escenarios sobre un modelo base de red eléctrica de distribución en baja tensión, con 100 equipos conectados. Los escenarios de simulación se han realizado atendiendo a la potencia de línea, las cargas monofásicas distribuidas y potencia de cortocircuito en el punto de conexión.

Para que las simulaciones dinámicas se ajusten a la respuesta real del sistema con alta penetración de estos equipos es indispensable modelar el sistema inversor de los equipos conociendo las características y configuraciones de los inversores conectados. Para ello se ha realizado una caracterización de la respuesta dinámica del inversor de los equipos). Se desarrolla una cosimulación entre software de simulación de redes eléctricas y los propios sistemas inteligentes.

Actualmente los EMS de los equipos Ampere implementan sus propios modelos de predicción de consumo y de generación de fotovoltaica. Como parte de los trabajos del proyecto Amperia se han desarrollado nuevos modelos de predicción basados en las técnicas más relevantes que se recogen en el estado del arte de algoritmos STLF o *Short Term Load Forecasting*. Estos nuevos modelos serán implementados en el EMS y evaluados como parte de las pruebas que se realizarán en el piloto en campo en la última fase del proyecto. A continuación, se pueden observar en la Fig. 3, a modo de ejemplo, resultados iniciales de un modelo de predicción basado en *Support Vector Machines* (Guo & Su, 2013).

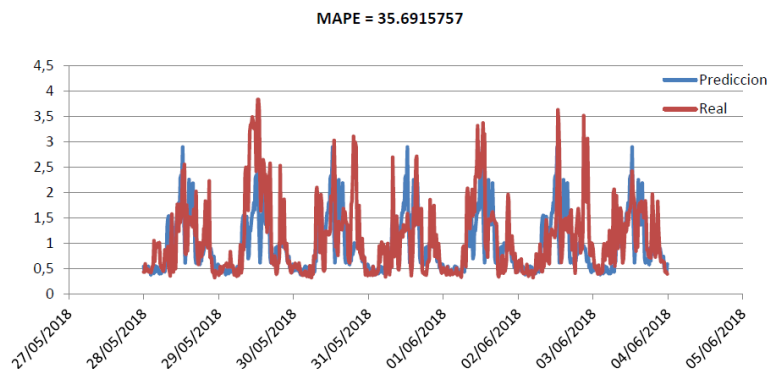


Figura 3. Pruebas iniciales de predicción de consumo de una instalación y cálculo del Error Absoluto Medio Porcentual (MAPE).

De igual manera, se estudia el envejecimiento de las baterías y el desarrollo de modelos que permitan estimar su vida útil. Estos modelos se implementan en el Sistema de Control Global con el fin de poder determinar de forma ajustada el estado de salud real de las baterías y su capacidad disponible. La Fig. 4 muestra como ejemplo uno de estos modelos.

El algoritmo de control implementado actualmente en el EMS actúa de forma local, dando servicio al cliente o prosumidor. Como parte del proyecto, se realiza el desarrollo de un modelo de control predictivo que tiene por objetivo maximizar el autoconsumo y ahorrar el máximo de dinero posible al cliente en la factura de energía eléctrica, y que incluirá además como criterios para la optimización los posibles beneficios obtenidos por la venta de la capacidad extra de la batería de forma agregada en mercados de la energía, a través de la figura del Agregador.

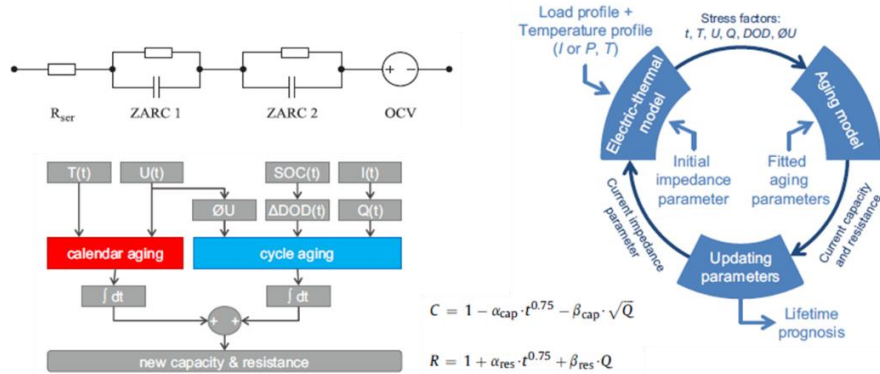


Figura 4. Modelo semi-empírico para estimación de envejecimiento de baterías (Schmalstieg et al., 2014).

Sistema de comunicaciones y plataforma cloud

Para cubrir las necesidades de intercambio de información en tiempo real entre el Sistema de Control Global y los equipos que forman parte de la VPP, se ha diseñado una arquitectura de comunicaciones mediante Streams. La Fig. 5 muestra esquemáticamente esta arquitectura.

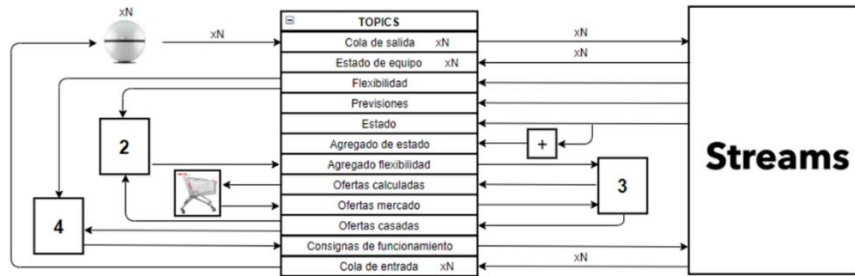


Figura 5. Diseño de arquitectura de comunicaciones basada en Streams.

Como parte de los objetivos del proyecto, se ha estudiado también la implementación de funcionalidades de registro de transacciones energéticas usando tecnologías blockchain, en concreto SolarCoin, Pylon Network y Ethereum, implementándose esta última como prueba de concepto, diseñada como una red privada en la que todos los equipos que forman parte de la VPP comparten la información sobre la energía producida y entregada, haciendo uso de Smart Contracts.

Sistema de Control global

La primera tarea ha consistido en identificar y definir todos los agentes y componentes necesarios para realizar el Control Global de equipos Ampere distribuidos. El esquema mostrado en la Fig. 6 representa el flujo de información entre los diferentes bloques que conforman el Control Global. Estos bloques son:

- Bloque 1: Representa el sistema que recoge toda la información individual de cada uno de los equipos, para convertir todos estos datos en valores de flexibilidad.
- Bloque 2: Encargado de agregar los datos individuales de flexibilidad y calcular el comportamiento global de la Virtual Power Plant. La salida de este bloque representa la flexibilidad agregada de la planta.
- Bloque 3: Intermediario entre la Virtual Power Plant y el Mercado Eléctrico. Se encarga de realizar y casar las ofertas llevadas a cabo entre ambos actores.
- Bloque 4: Componente que realiza la tarea de desagregar la consigna de la Virtual Power Plant, tras haberle sido aceptada una o más ofertas, en *setpoints* individuales para cada uno de los equipos integrantes de la planta.

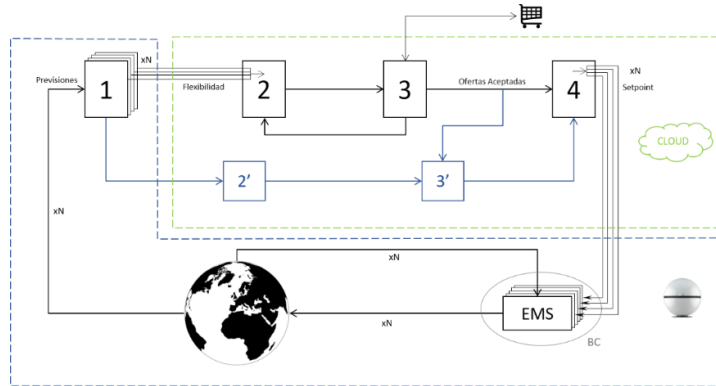


Figura 6. Diagrama de bloques del Sistema de Control Global.

Para el cálculo de la flexibilidad, o capacidad disponible de los equipos, el desarrollo actual tiene en cuenta los costes derivados de realizar un uso de la batería fuera del caso base para el autoconsumo planificado por su EMS local. En el estudio inicial, no obstante, se hace uso de la formulación de flexibilidad descrita por el proyecto europeo WiseGRID (Benavides et al., 2018), modificada para que se tenga en cuenta el funcionamiento del EMS de los equipos Ampere, que integra la tarificación del cliente para obtener el máximo ahorro posible en su factura. La Fig. 7 muestra un ejemplo de cálculo de flexibilidad para un equipo durante un día completo.

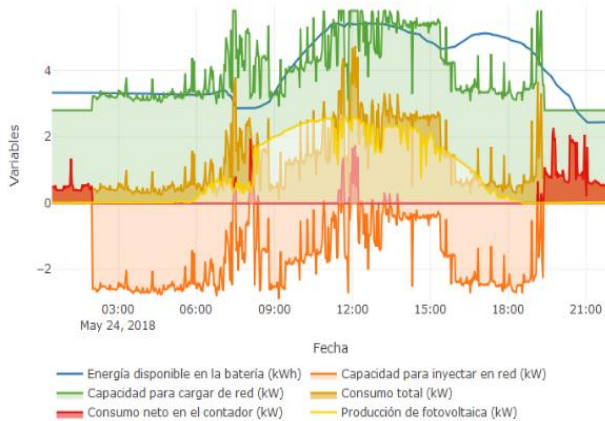


Figura 7. Ejemplo de capacidad disponible de un único equipo durante un día completo

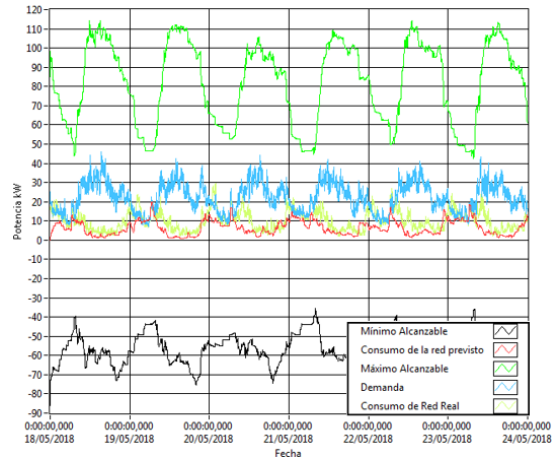


Figura 8. Ejemplo de capacidad disponible de un conjunto de equipos.

En la Fig 8 se muestra la flexibilidad de un conjunto de 30 sistemas, mostrando la capacidad de modificar la curva de consumo del conjunto. En la Fig. 9 se muestra el prototipo de aplicación de la VPP, donde se pueden observar los datos en tiempo real de consumo y producción de un conjunto de instalaciones reales que cuentan con equipos Ampere. Las gráficas muestran también las predicciones diarias y el cálculo agregado de la flexibilidad o capacidad disponible, tanto para inyectar energía en la red como para aumentar el consumo desde la misma si fuera necesario.



Figura 9. Prototipo de aplicación de la VPP, con información en tiempo real de equipos de clientes.

CONCLUSIONES

El proyecto Amperia finaliza en 2019 tras la realización de una prueba piloto. Este proyecto sirve como facilitador de la implantación de sistemas de energía renovable distribuidos, pues permite que la capacidad extra de que disponen estos sistemas pueda ser agregada y comercializada para servicios complementarios o de gestión de demanda.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto Amperia está cofinanciado por el Centro para el Desarrollo Tecnológico Industrial (CDTI) y los Fondos Europeos de Desarrollo Regional (FEDER).



REFERENCIAS

- [1] Benavides, X. & Benítez, I. & Sanjuán, J. & Ruiz, F. & Kraft, B. & Meir, S. & Nikolakakis, A. & Lapedra, A. & Caruso, G. & Lombardo, L. & Zambrano, A. & Mocholí, A. & Monreal, J., 2018, D6.2. Storage As a Service and Innovative Optimized Solutions, WiseGRID Project.
- [2] Fitzgerald, G. & Mandel, J. & Morris, J. & Touati, H., 2015, The Economics of Battery Energy Storage: How multi-use, customer-sited batteries deliver the most services and value to customers and the grid, Rocky Mountain Institute.
- [3] Guo, X. & Su, J., 2013, Improved Support Vector Machine Short-term Power Load Forecast Model Based on Particle Swarm Optimization Parameters, Journal of Applied Sciences, vol. 13, no. 9, pp. 1467-1472.
- [4] Schmalstieg, J. & Käbitz, S. & Ecker, M. & Sauer, D.U., 2014, A holistic aging model for Li(NiMnCo)O₂ based 18650 lithium-ion batteries, J. Power Sources, vol. 257, pp. 325-334.
- [5] <https://solarcoin.org/es/node/6> (4 octubre 2018)
- [6] <https://pylon-network.org/es/> (4 octubre 2018)
- [7] <https://www.ethereum.org/> (4 octubre 2018)